ISSN 0376—477X

中華農業研究

第四十一卷　第二期

目　次

回交次數對稉秈稻雜種後裔稔實率及株高與育種選拔率之影響 …………曾東海　陳正昌　陳治官…115
玉米生長與產量對土壤缺水之反應(一)營養生長期缺水及灌水恢復對生長之影響（英文） …………楊純明　向為民…132
山藥台農一號之選育與適應性 …………劉新裕　王昭月　徐原田　段中漢…140
不同山藥（*Dioscorea alata* L.）品系塊莖之貯藏研究 …………王昭月　劉新裕…159
香水百合〝Casa Blanca〞莖頂培養之大量繁殖…………紀海珊　葉常青…169
環氨基丙烷羧酸及益收素對試管內蝴蝶蘭苗之生理影響（英文） …………林瑞松…178
旱田土壤中尿素肥料之轉化 …………連　深　陳琦玲…187
稻穀平衡相對濕度物性影響因子之研究 …………陳加忠　曹之祖…201
農用日照計之性能試驗與評估 …………陳加忠…216

中華民國八十一年六月
臺灣省農業試驗所出版
中華民國 臺灣省 臺中縣 霧峰鄉

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(2)：115～131（1992）

回交次數對稉秈稻雜種後裔稔實率及株高與育種選拔率之影響[1]

曾東海　陳正昌　陳治官[2]

摘要：爲了將秈稻優良特性引進本省稉稻中，以育成優良之稉稻品種及擴展本省稉稻育種資源，以5個稉稻品種爲母本，13個秈稻品種（系）爲父本進行雜交，共得16組合稉秈稻雜種 F_1，其中四個雜種 F_1 於第一次回交時，分別與其父母本回交，其他12個組合的第一次回交及全部（20組合）之第二、三、四次回交均以母本爲輪迴親；調查16個雜種 F_1 的稔實率、株高，與父母本回交組合之 F_2 BC_1F_1、BC_2F_1、BC_3F_1的株高、稔實率及各世代選育情形，另外12組合亦在各世代進行選拔，本試驗之結果摘述如下：雜種 F_1的稔實率從3.57～62.21%，不稔率因組合不同而有明顯的差異。雜種 F_2 的稔實率呈近似常態分佈，其平均稔實率高於 F_1，BC_1F_1 稔實率因回交親本不同而異，雜種 F_1 與秈型親本回交者，高於與稉型親本回交者，稔實率因回交次數增加而提高。雜種 F_1 的株高，顯現雜種優勢，雜種 F_1 比較高親本高0.51～29.1%。回交較高親本時，其 BC_1F_1 株高較回交較矮親本者高約10%，與較高親本回交次數增加，其 F_1 平均株高降低，經三次回交時，其雜種 F_1 平均株高，接近親本。稉秈稻雜種後裔，出現低稔實率、有芒、內外穎灰色等親本所無之性狀，而三者之間並無相關性。依一般稉稻選育基準，進行稉稻雜種後裔選拔時，單交者，未能選出理想品系，經一、二次回交稉型親本者，大部份之組合亦無法選出品系，經三次回交，多數組合可以選出優良品系，唯選拔率低於1%，經四次回交者則較易選出優良品系，其選拔率達2%以上。

關鍵詞：水稻，稉秈稻雜交，回交，輪迴親，稔實率，芒，內外穎色，株高，選拔率

本省地處亞熱帶，氣候潮濕多雨，適合水稻生長，民國64年水稻栽培面積達79萬公頃，是爲高峰，近年來栽培面積降至48萬公頃左右，但仍爲主要的農作物之一。近十餘年本省稻米之年產值爲三百至五百億元，占農業生產總值之11～20%，占農產生產總值之27%至42%。本省水稻品種，進行系統性有計畫的改良工作[20,21]，應始於日本佔領臺灣以後，本省原栽培的品種是屬於秈型（Indica type），農民所種的品種繁多，皆爲在來種，1910年本省約有1197種的在來種，後經日本人的檢定與淘汰，選留390種，並在第一期作限定47品種，第二期作限定50品種做爲栽培用。日本人爲供應其國內糧食之需，於1899年將日本稻引進臺灣，而於1912年正式試種，初期的試種成績並不理想，至1923年其栽培面積尚僅500公頃，1924年以後爲了使日本稻能適合本省的氣候環境仍行雜交育種。

一般而言，雜交育種依其使用親本親緣關係可分爲二類，一爲使用二親本較近緣者，一爲較遠者，前者於短期內較容易得到新品種，但選獲超越兩親較大之優良品系的機會較少，後者則相反，本省第一個正式登記命名的水稻品種爲臺南三井1號，是1930年臺南改良場自日本稻以純系分離而育成者（本品種現已遺失），爾後品種改良仍積極展開，從1930年到1990年間，正式命名登記之品種計有250

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1615 號。本試驗承農業委員會補助經費，謹致謝意。
2. 臺灣省農業試驗所農藝系助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

種[1,11]，依據其育種方法及親源關係，臺灣水稻育種工作，可分爲如下之步驟[6]；(1)由稉型品種（日本品種爲主）以純系分離而育成者，(2)由稉型品種間（日本品種爲主）雜交或雙雜交而育成者，(3)稉型品種（包括前述第一、二步驟育成者）與秈型品種雜交，然後再與稉型親本品種回交，(4)由第三步驟育成之品種間再行相互雜交。

黃[6]於1961年分析臺灣水稻育成品種間之親緣係數，發現當時臺灣水稻改良品種中，約有82%之品種與臺中65號有血緣關係，其親緣係數分佈最多者爲25%～55%。從1961年以後到1990年本省育成稉稻品種共50種[1,11]，其中除了4個純系選育品種及3個雜交育成品種外，亦皆與臺中65號有血緣關係，雖然有許多新育成品種已加入秈型血緣，與臺中65號之親緣係數降低了，但仍脫不了臺中65號之範圍。因此欲突破臺灣稉稻品種改良之瓶頸，必須引進新的基因。

稉秈稻爲栽培種亞洲稻（*Oryza sativa* L.）的兩個亞種（Subspecies），稉秈稻各有其優劣點，一般認爲稉稻葉色較濃綠、米粒較圓、耐寒、難脫粒、耐肥性強、抗倒伏、米質較優，而秈稻則抗病性強、耐旱、耐瘠、易於脫粒、粘性差、分蘗性強、米粒蛋白質含量較高、食味品質較差[4]。由於稻亞種間血緣較遠，其雜種 F_1 及其後代具有各種不同程度的不稔率，其變域因組合不同而異，可由0～100%，此現象發生之原因，有不同的學說，岡氏[17,18]認爲低稔之原因乃由於兩組遺傳因子，即配偶子發育基因（Gamete-development genes）及重複稔性基因（Duplicate fertility genes）之作用，當配偶子發育基因成雙隱性時，阻礙配偶子之發育所致，其低稔之障礙約在 F_4～F_5 代以後逐漸消失，但亦有固定的低稔系統育成。謝[12]引用 Smpyo (1952) 及 Parthasararhy (1954) 報告，在減數分裂後期發現染色體橋，並認爲雜種不稔性可能與染色體倒置（Inversion）之發生有關，謝氏[12]則基於純系親本及其間之雜種在減數分裂中均出現染色體倒置之現象，而認爲此種倒置不能代表在雜種內產生染色體之倒置異質性（Inversion heterozygosity）。盧等[7]以秈稉雜交，在其後代就稔實率，依不同方向選拔結果，僅能影響稔實率向上復增高之程度，未能獲得低稔實率之固定品系，認爲亞種間之雜種後裔低稔性似非僅由基因所控制者。1963年二月在國際稻米研究所[2]，舉行遺傳學及細胞遺傳學討論會，與會專家學者針對此問題研討結果，認爲稻雜種不稔性極可能同時受染色體構造的變化及基因雙方之影響。

現代育種學家常以秈稻的優良特性來改良稉稻，或以稉稻的優良特性來改良秈稻。由於稉秈稻之血緣較遠，其所具有之基因組（genome）之差異極大，欲將理想之基因由秈稻導入稉稻或由稉稻導入秈稻，由於稉秈之雜交不親和性，F_1 有顯著之不稔性，妨礙育種工作之進行，因而育種學家，採用回交育種法進行稉秈稻雜交育種，唯應以何者爲輪迴親（recurrent parent）及雜種應行多少次回交，實有探究之必要，乃進行相關調查研究。

材料與方法

1987年第一期作以臺農67號（TNG67）、臺中189號（TC189）、臺農70號（TNG70）、臺南9號（TN9）及高雄141號（KH141）等5個稉稻爲母本，13個 IR 之秈稻品種系爲父本，進行稉秈稻雜交，共獲得16個雜種 F_1 組合（如表1.），其中 TC189/IR36、TNG70/IR56、TN9/IR36、KH141/IR9752-222-3-2-2等四個雜種組合爲主要試驗材料，這四組合於第二期作以單本植種雜種 F_1，並與雙親回交，獲得八組合之 BC_1F_1，1988年第一期作種植此四組合之 F_2 及八組合之 BC_1F_1，並自 BC_1F_1 各選植株特性較接近稉稻之單株1～3株爲母本，再與稉型親本回交，獲得 BC_2F_1，第二期作種植 BC_2F_1，依此方法，自 BC_2F_1 獲得 BC_3F_1，自 BC_3F_1 獲得 BC_4F_1。其他12組合，除了不種植 F_2 集團及第一次回交僅與稉型親本回交外，其他之回交法與上述四組合相同。

本試驗皆採單本植，依據一般稉稻育種選拔基準進行單株選拔，F_2 集團各種植288～500株，自 BC_nF_1 選出之各單株，於次期作各種植100株 BC_nF_2 集團，F_2 及以後世代選出的單株，則於次期作

以系譜法進行選育，每系統各種30株，到 F_4 系統選出 F_5 種子，將 F_5 世代接近固定之品系，移送各區農改良場進行新品系觀察試驗。

調查項目：全部16組合 F_1 之稔實率及株高；與雙親回交四組合之 F_2、BC_1F_1、BC_2F_1、BC_3F_1 稔實率及株高，其 F_2 及 BC_1F_1 並調查內外穎色澤及芒；粳秈稻單雜交（僅四組合）及其不同回交次數之後裔（全部），BC_nF_1～BC_nF_4 世代之選拔率（選出株數/種植株數）。

試驗結果

一、回交次數對粳秈稻雜種後裔稔實率之影響

1987年第一期作，進行如表1.所列16組合之粳秈稻雜交，雜種 F_1 於第二期作於本所試驗田以單本種植，於成熟期各取10株調查其稔實率，調查結果（表1.），16組合之稔實率皆低於70%，稔實率最低的組合是TNG70/IR62，平均只有3.57%，最高的是TNG70/IR45，平均稔實率亦只有62.21%，16組合中平均稔實率超過50%只有7組合，稔實率低於40%的亦有7組合，顯示粳秈雜種 F_1 的稔實率有偏低之現象。

Table 1. The spikelet fertility and plant height of parents and F_1 from the crosses between Japonica and Indica rice hybrids.

Cross	spikelet fertility (%)	plant height (cm)		
	F_1	P_1	P_2	F_1
TNG67/IR54	41.36± 6.92	105.2	102.0	121.8
TNG67/IR9256-59	60.34± 7.80	105.2	85.4	126.8
TC189/IR2307-247-2-2-3	30.09± 9.56	97.6	89.2	115.2
TC189/IR32272-67-3-2-3	55.94± 7.31	97.6	102.2	123.6
TC189/IR36	33.72± 6.18	97.6	80.8	117.6
TC189/IR52	42.42± 3.75	97.6	92.6	126.0
TNG70/IR32272-67-3-2-3	51.60±11.75	118.0	102.2	118.6
TNG70/IR45	62.21± 4.99	118.0	96.0	119.0
TNG70/IR56	51.27± 6.64	118.0	93.8	125.6
TNG70/IR62	3.57± 0.96	118.0	92.8	117.6
TN9/IR19431-72-2	38.89± 9.75	108.2	101.0	124.4
TN9/IR36	53.38± 8.08	108.2	80.8	117.0
TN9/IR38	17.41± 6.47	108.2	93.4	121.3
TN9/IR52	58.05± 6.73	108.2	92.6	125.2
KH141/IR58	24.64± 7.15	108.0	84.0	126.5
KH141/IR9752-222-3-2-2	12.99± 3.65	108.0	88.6	133.4

1988年第一期作，調查 TC189/IR36、TNG70/R56、TN9/IR36、KH141/IR9752-222-3-2-2 四組合 F_2 族群及8組合之 BC_1F_1 之稔實率，其稔實率分佈頻度列於表2，此4組合之雜種 F_1 的平均稔實率雖有明顯之差異（12.99%～53.38%），但其 F_2 族群之平均稔實率，4組合間差異不大，（57.85～61.95%），F_2 族群之稔實率皆近似常態分佈而頻度最高的皆出現在60.1～70.0，顯示雜種 F_1 的平

均稔實率對 F_2 族群之稔實率並無明顯之影響。BC_1F_1 的平均稔實率介於46.45~74.79%間，回交父母本之表現，因組合不同而異，TNG70/IR56之雜種 F_1 回交其父母本之 BC_1F_1 平均稔實率近似，分別爲68.67%及67.05%，KH141/IR9752-222-3-2-2回交父本之 BC_1F_1，平均稔實率爲67.95%，而回交母本則爲46.45%，兩者相差21.5%，另外兩組合亦相差約13~15%，由本試驗結果顯示，回交秈型親的稔實率有較高的趨勢。

Table 2. Frequency distribution of spikelet fertility of F_1, F_2 and BC_1 from the crosses between Japonica and Indica rice.

Cross, Generation	Number of offsprings plants with fertility rate of											Average fertility rate (%)
	0.0~10.0	10.1~20.0	20.1~30.0	30.1~40.0	40.1~50.0	50.1~60.0	60.1~70.0	70.1~80.0	80.1~90.0	90.1~100	Total	
TC189/IR36												
F_1	0	0	2	7	1	0	0	0	0	0	10	33.72± 6.18
F_2	3	6	16	28	46	68	106	70	30	5	378	59.39±17.36
BC_1P_1	0	4	6	7	15	15	6	13	4	1	71	53.55±19.40
BC_1P_2	0	0	0	3	7	11	22	15	11	2	71	66.46±13.84
TNG70/IR56												
F_1	0	0	0	0	4	5	1	0	0	0	10	51.27± 6.64
F_2	4	8	22	25	57	90	116	106	61	11	500	61.95±17.91
BC_1P_1	0	0	1	2	5	13	17	18	5	5	66	67.05±14.24
BC_1P_2	0	0	0	2	4	17	19	17	13	5	77	68.67±13.53
TN9/IR36												
F_1	0	0	0	1	1	7	1	0	0	0	10	53.38± 8.08
F_2	4	7	15	34	54	87	114	76	56	10	457	60.69±17.76
BC_1P_1	2	1	2	7	8	14	15	12	10	4	75	60.14±20.57
BC_1P_2	0	0	0	0	3	4	15	28	16	7	73	74.79±11.26
KH141/IR9752-222-3-2-2												
F_1	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12.99± 3.65
F_2	4	11	16	20	39	56	57	49	33	3	288	57.85±19.77
BC_1P_1	2	6	8	6	15	16	7	6	1	0	67	46.45±18.81
BC_1P_2	0	0	1	1	3	2	14	13	4	2	40	67.95±14.16

BC_1P_1：Backctossing to female.
BC_1P_2：Backctossing to male.

1988年第二期作調查 BC_2F_1 的稔實率結果如表3，由表3顯示直接回交稉型母本二次（J/I//J///J）之 BC_2F_1 的平均稔實率，比先回交秈型父本再與稉型母本雜交（J/I//I///J）者高，前者高於後者約20%，在同一 BC_2F_1 中選不同單株回交的結果，表現不一，有的近似，但亦有差異達約23%。J/I//J///J之 BC_2F_1 的總平均稔實率爲72.53%，高於其 BC_1F_1 總平均值（56.80%），J/I//I///J 之 BC_2F_1 的總平均稔實率爲52.84%，低於其 BC_1F_1 總平均稔實率（69.50%）。

Table 3. Frequency distribution of spikelet fertility of BC_2 form the crosses between Japonica and Indica rice. (1988 II)

Backcrossing	Number of offsprings plants with fertility rate of										Total	Average fertility rate (%)
	0.0 ~ 10.0	10.1 ~ 20.0	20.1 ~ 30.0	30.1 ~ 40.0	40.1 ~ 50.0	50.1 ~ 60.0	60.1 ~ 70.0	70.1 ~ 80.0	80.1 ~ 90.0	90.1 ~ 100		
TC189^3/IR36	0	0	0	0	4	5	6	10	8	5	38	72.98±14.51
TC189^3/IR36	0	0	1	1	1	8	7	3	2	0	23	59.12±14.29
TNG70^3/IR56	0	0	0	2	1	17	34	41	12	2	109	69.53±10.22
TN9^3/IR36	0	0	0	0	0	9	30	38	55	18	150	78.04±10.79
TN9^3/IR36	0	0	0	0	1	3	10	34	42	4	94	78.47± 8.98
KH141^3/IR9752*	4	3	1	1	3	1	0	6	2	1	22	46.64±30.89
KH141^3/IR9752*	0	0	0	0	3	9	23	30	9	2	76	69.96±10.21
SUM	4	3	2	4	13	52	110	162	130	32	512	72.53±14.27
TC189^2/IR36^2	1	0	8	9	32	25	15	25	1	2	118	54.67±16.39
TNG70^2/IR56^2	0	0	0	1	2	20	43	30	5	1	102	66.35± 9.12
TN9^2/IR36^2	0	1	4	3	15	31	67	40	16	0	177	64.53±13.19
TN9^2/IR36^2	0	0	0	01	9	20	53	35	35	11	164	70.85±12.79
KH141^2/IR9752^2*	32	35	17	17	8	1	0	0	0	0	110	19.13±12.55
KH141^2/IR9752^2*	10	31	29	20	12	5	1	0	0	0	108	25.95±12.23
SUM	43	67	58	51	78	102	179	130	57	14	779	52.84±12.71

* abridgment of IR9752-222-3-2-2

1989年第一期作調查8個組合共17個雜種 BC_3F_1 之稔實率，其頻度分佈如表4，BC_3 F_1 之表現與 BC_2F_1 相似，即全與粳型母本回交的雜種 F_1 較先回交秈型父本一次，再與粳型母本回交二次之稔實率為高，唯就同一組合而言，有些 BC_3F_1 的平均稔實率較 BC_2F_1 高，有的則較低表現，並不一致。同一組合不同單株回交的結果亦如 BC_2F_1，其平均稔實率有近似，亦有差異頗大。

綜合本試驗調查結果，粳秈稻雜種 F_1 稔實率皆偏低，且偏低程度因組合不同而異；F_2 族群之稔實率近似常態分佈分離，與雜種 F_1 稔實率高低無關；回交秈型親的稔實率有較高的趨勢，唯回交秈型親再回交粳型親則稔實率降低；回交使其平均稔實率提高。

二、回交次數對粳秈稻雜種後裔株高之影響

1987年第二期作，調查16組合粳秈稻雜種 F_1 及其親本之株高，結果列於表1，親本之株高從80.8～118.0公分，雜種 F_1 之株高則為115.2～133.4公分，雜種 F_1 之株高皆較其親本高，顯現雜種優勢，而增加的比率因組合不同而異，雜種 F_1 的株高與其較高親本比較結果，F_1 增高的百分率從0.51到29.1，從本調查結果，概而言之，所利用之秈型花粉親較粳型親本矮，臺農70號之株高最高，但其雜種 F_1 之株高的雜種優勢較小。

粳秈稻雜種 F_2 族群與回交父母本之 BC_1F_1 及其當期作 (1988 I) 父母本株高調查結果如表5，由此結果得悉 F_2 族群之株高頻度分佈近似常態分佈，而其頻度高峰出現在較高親本之株高組或較高的一組，除了 TNG70/IR56之 F_2 平均株高略高於二親之平均值外，其他3組合之 F_2平均株高皆高於較高株高之親本。與較高親本回交之 BC_1F_1 之平均株高不但高於與較矮親本回交的 BC_1F_1，亦高於該組合 F_2 族群之平均值，但較其前期作之 F_1 矮。

Table 4. Frequency distribution of spikelet fertility of BC_3 form the crosses between Japonica and Indica rice. (1989 I)

Backcrossing	Number of offsprings plants with fertility rate of											Average fertility rate (%)
	0.0~10.0	10.1~20.0	20.1~30.0	30.1~40.0	40.1~50.0	50.1~60.0	60.1~70.0	70.1~80.0	80.1~90.0	90.1~100	Total	
TC189^4/IR36	0	0	0	0	2	1	1	6	3	0	13	71.07±13.68
TC189^4/IR36	3	4	4	6	3	6	11	19	6	1	63	57.49±23.83
TNG70^4/IR56	0	0	0	0	0	2	12	76	100	23	213	80.98±7.21
TN9^4/IR36	0	0	0	1	0	0	3	10	24	14	52	83.85±10.71
TN9^4/IR36	0	0	0	0	6	6	19	24	27	9	91	74.88±12.85
TN9^4/IR36	0	0	1	0	4	3	22	20	33	5	88	74.47±13.12
KH141^4/IR9752*	1	1	6	6	7	9	2	5	3	1	41	50.02±20.52
KH141^4/IR9752*	4	3	3	6	3	3	4	6	1	4	37	49.40±27.40
SUM	8	8	14	19	25	30	74	166	197	57	598	72.57±16.16
TC189^3/IR36^2	7	8	16	6	25	9	13	19	9	4	116	49.48±24.41
TNG70^3/IR56^2	3	2	2	9	6	8	15	25	22	6	98	65.58±21.69
TNG70^3/IR56^2	1	0	0	0	0	1	23	32	19	4	80	74.38±11.82
TN9^3/IR36^2	9	17	13	12	9	15	30	29	34	8	176	57.38±26.45
TN9^3/IR36^2	7	9	24	31	25	31	52	35	25	6	245	54.67±21.59
KH141^3/IR9752^2*	10	5	0	2	1	3	4	3	3	0	31	35.94±31.44
KH141^3/IR9752^2*	9	9	6	5	4	9	9	6	5	0	62	42.32±26.43
SUM	46	50	61	65	70	76	146	149	117	28	808	56.12±23.40

* abridgment of IR9752-222-3-2-2

Table 5. Frequency distribution of plant height of parents, BC_1 and F_2 from the crosses between Japonica and Indica rice.

Cross, Generation	Number of offsprings plants with plant height (cm) of										Average fertility rate (%)
	< 75.0	75.1~85.0	85.1~95.0	95.1~105.0	105.1~115.0	115.1~125.0	125.1~135.0	135.1~145.0	145.1~155.0	Total	
TC189/IR36											
P_1 : TC189	0	0	3	4	3	0	0	0	0	10	102.7± 5.78
P_2 : IR36	0	5	5	0	0	0	0	0	0	10	86.2± 4.26
F_2	1	9	39	77	95	90	69	17	3	400	113.5±14.45
BC_1P_1	0	1	1	5	25	26	11	6	0	75	118.6±11.02
BC_1P_2	0	7	16	21	21	11	2	0	0	78	103.2±11.46
TNG70/IR56											
P_1 : TNG70	0	0	0	0	6	4	0	0	0	10	115.4± 2.91
P_2 : IR56	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	94.3± 1.27
F_2	2	14	50	110	125	83	15	1	0	400	107.3±11.37
BC_1P_1	0	0	0	6	20	33	14	4	0	77	119.1± 9.34
BC_1P_2	1	5	12	16	16	8	6	0	0	64	104.5±13.82

(continued)

TN9/IR36											
P_1 : TN9	0	0	1	9	0	0	0	0	0	10	100.4± 4.59
P_2 : IR36	0	5	5	0	0	0	0	0	0	10	86.2± 4.26
F_2	5	28	70	146	88	53	8	2	0	400	102.9±11.69
BC_1P_1	0	0	8	17	28	18	5	0	0	76	109.7±10.41
BC_1P_2	0	4	15	27	19	9	1	0	0	75	102.9±10.37
KH141/IR9752-222-3-2-2											
P_1 : KH141	0	3	5	2	0	0	0	0	0	10	95.6± 6.12
P_2 : IR9752	0	1	9	0	0	0	0	0	0	10	93.67± 2.87
F_2	7	15	49	51	93	43	26	2	0	286	111.5±14.12
BC_1P_1	0	0	10	18	21	14	6	0	0	69	114.6±10.65
BC_1P_2	1	2	8	12	8	5	3	0	0	39	108.8±13.74

1988年第二期作，調查8組合計13個雜種 BC_2F_1 的株高（表6），其平均株高最高的是 TNG70^2/IR56^2 平均131.6公分，最矮的是 KH141^3/IR9752-222-3-2-2，總平均110.12公分，雜種 F_1 與秈型父本回交一次，再與稉型母本雜交的雜種 F_1 平均株高，比直接與稉型母本回交二次的高。

Table 6. Frequency distribution of plant hegiht of BC_2 from the crosses between Japonica and Indica rice.

Backcrossing	Number of offsprings plants with plant height (cm) of									Average fertility rate (%)
	< 80.0	80.1 ~ 90.0	90.1 ~ 100.0	100.1 ~ 110.0	110.1 ~ 120.0	120.1 ~ 130.0	130.1 ~ 140.0	140.1 ~ 150.0	Total	
TC189^3/IR36	0	0	0	6	21	11	0	0	38	117.1± 6.29
TC189^3/IR36	0	1	3	5	9	5	0	0	23	112.0±10.39
TNG70^3/IR56	0	1	0	1	38	55	11	0	106	122.7± 7.95
TN9^3/IR36	0	0	0	29	49	50	10	0	138	118.7± 8.95
TN9^3/IR36	0	1	5	44	39	5	0	0	94	110.0± 6.51
KH141^3/IR9752*	0	2	6	11	3	0	0	0	22	103.2± 7.63
KH141^3/IR9752*	0	0	3	31	34	9	0	0	77	112.1± 7.11
SUM	0	5	17	127	193	135	21	0	498	115.5± 7.83
TC189^2/IR36^2	0	0	2	5	24	44	46	9	130	128.3± 9.87
TNG70^2/IR56^2	1	1	0	0	7	36	48	10	103	131.6± 9.31
TN9^2/IR36^2	0	0	1	27	62	65	23	0	178	120.0± 8.56
TN9^2/IR36^2	0	0	2	37	59	55	15	0	168	118.4± 9.07
KH141^2/IR9752^2*	0	2	16	44	41	12	0	0	115	110.2± 8.67
KH141^2/IR9752^2*	0	0	2	50	50	6	0	0	108	110.9± 5.71
SUM	1	3	23	163	243	218	132	19	802	119.8± 8.53

* abridgment of IR9752-222-3-2-2

雜種 BC_3F_1 的株高調查結果如表7，各組平均株高爲95.6～115.3公分，自同一親源之 BC_2F_1 選不同單株回交，其 BC_3F_1 的平均株高，有的近似，例如二組 $KH141^4$/IR9752-222-3-2-2之平均株高分別爲108.6及109.4公分，而另二組 $KH141^3/IR9752\text{-}222\text{-}3\text{-}2\text{-}2^2$之平均株高爲95.6及111.7公分，則有明顯差異。

Table 7. Frequency distribution of plant height of BC_3 from the crosses between Japonica and Indica rice.

Backcrossing	Number of offsprings plants with plant height (cm) of								Average fertility rate (%)
	< 80.0	80.1 ~ 90.0	90.1 ~ 100.0	100.1 ~ 110.0	110.1 ~ 120.0	120.1 ~ 130.0	130.1 ~ 140.0	Total	
$TC189^4/IR36$	0	0	2	4	7	1	0	14	111.2± 8.28
$TC189^4/IR36$	0	2	23	25	12	1	0	63	103.3± 8.16
$TNG70^4/IR56$	0	0	1	41	141	31	0	214	115.3± 5.42
$TN9^4/IR36$	0	0	1	22	26	2	0	51	111.4± 5.32
$TN9^4/IR36$	0	0	3	25	48	14	2	92	114.4± 7.25
$TN9^4/IR36$	0	13	35	29	11	0	0	88	110.5± 7.93
$KH141^4/IR9752^*$	0	1	8	15	17	1	0	42	108.6± 7.23
$KH141^4/IR9752^*$	0	0	5	19	16	2	0	42	109.4± 6.40
SUM	0	16	78	180	278	52	2	498	110.4± 7.00
$TC189^3/IR36^2$	0	12	31	34	24	8	1	110	105.2±11.01
$TNG9^3/IR36^2$	1	1	26	57	80	28	1	194	112.0± 9.62
$TN70^3/IR56^2$	0	10	30	36	21	1	0	98	103.0± 9.07
$TN70^3/IR56^2$	0	0	1	30	41	7	1	80	102.5± 9.32
$TN9^3/IR36^2$	0	2	41	80	52	26	8	209	109.9± 10.26
$KH141^3/IR9752^{2*}$	6	13	20	6	7	0	0	52	95.6±11.79
$KH141^3/IR9752^{2*}$	0	4	7	12	15	9	3	50	111.7±12.39
SUM	0	42	156	255	240	79	14	793	107.3±10.49

*abridgment of IR9752-222-3-2-2

綜合本試驗調查結果，粳秈稻雜種 F_1 株高較親本高，其雜種優勢因組合不同而異；F_2 族群之株高近似常態分佈分離，其平均株高較雜種 F_1 矮；回交使其平均株高降低。

三、粳秈稻雜種後裔之內外穎色澤及芒

本試驗所用之親本其內外穎色澤爲普通的稻草色，且爲無芒，但其粳秈稻雜種 F_1，出現內外穎爲灰色的穀粒並且有芒，是其親本所無之性狀，在1988年第一期作，調查 BC_1F_1 及 F_2 之此二性狀，發現內外穎有普通稻草色、淺灰色、深灰色，且有些單株是灰色穀粒與稻草色穀粒混雜，仍依色澤有無、深淺及比例分爲稻草色，部份灰色(1)，多數灰色(2)，全淺灰色(3)，全深灰色(4)；穀粒有不同程度之著芒情形，依芒之有無、長短及比例，分爲無芒，稀短(1)，短芒(5)，稀長(7)，進行調查。結果列於表8，由調查結果顯示粳秈稻雜種後裔內外穎著色的情形，因組合不同而異，一般而言，回交第一代穀粒內外穎著色的百分率比 F_2 族群少 。 F_2 族群稻穀粒著芒之情形亦因組合而異，無芒者的比例以

KH141/IR9752-222-3-2-2最高達71.52%，最低者爲 TNG70/IR56，只有35.2%是無芒者，且 TNG70/IR56 著芒部份，以短芒(5)最多（佔全部份之24%），其次爲稀長者（21.4%），而其他三組合著芒情形以稀短(1)爲多數，其次爲短芒者(5)。BC_1F_1 的著芒情形變域更大，無芒者之比例從 22.21～95.00%，與回交秈型或稉型親本無關。

Table 8. Frequency distribution of lemma-palea color and awning of F_2 and BC_1 from the crosses between Japonica and Indica rice.

Character	lemma-palea color[1]					awning[2]				Tatal
Generation	0	1	2	3	4	0	1	5	7	
Tc189/IR36										
F_2	178	59	30	52	59	219	97	36	26	378
BC_1P_1	40	15	5	7	4	52	12	3	4	171
BC_1P_2	30	14	11	12	4	35	25	7	4	71
TNG70/IR56										
F_2	244	39	22	72	123	176	97	120	107	500
BC_1P_1	35	5	6	10	10	14	22	21	9	66
BC_1P_2	43	5	11	14	4	65	10	1	1	77
TN9/IR36										
F_2	168	81	55	113	40	219	103	99	36	457
BC_1P_1	44	13	6	8	4	48	13	6	8	75
BC_1P_2	46	7	6	9	5	34	22	12	5	73
KH141/IR9752-222-3-2-2										
F_2	236	22	14	7	9	206	57	20	5	288
BC_1P_1	65	2	0	0	0	38	23	6	0	67
BC_1P_2	40	0	0	0	0	38	1	1	0	40

[1] lemma-palea color; 0 : straw, 1 : less then 50% grain is gray, 2 : over 50% grain is gray, 3 : light gray, 4 : deep gray.
[2] awning; 0 : absent, 1 : short and partly awned, 5 : short and fully awned, 7 : long and partly awned.

爲了解 BC_1F_1 及 F_2 之稔實率、內外穎顏色及著芒情形，彼此問是否有某種相關性，仍就調查資料進行相關分析，其相關係數列於表9。由相關分析顯示雜種 F_2 之稔實率與內外穎顏色相關都不顯著，而與著芒情形之相關性，在 TC189/IR36 及 TN9/IR36兩組合，呈極顯著或顯著相關，唯相關係數只有0.14547及0.10084，而另兩組合相關不顯著；雜種 BC_1F_1 之稔實率與內外穎顏色之相關性，在 KH141/IR9752-222-3-2-2//KH141 組合，呈極顯著，而其它七組合之相關不顯著；雜種 BC_1F_1之稔實率與著芒情形之相關性，皆呈相關不顯著；內外穎顏色與著芒情形之相關性，除 KH141/IR9752-222-3-2-2之 F_2 爲極顯著（r＝0.24381）外，其它 F_2 或 BC_1F_1 皆無顯著相關性。

Table 9. Correlation coefficients between spikelet fertility,lemma-palea color and awning in F_2 and BC_1 populations of Japonica crossed with Indica rice.

Character	spikelet fertility with		awing with
Generation	lemma-palea color	awning	lemma-palea color
TC189/IR36			
F_2	0.00372	0.14547**	0.05526
BC_1P_1	−0.14498	0.06139	−0.05203
BC_1P_2	−0.07040	−0.04965	0.29249
TNG70/IR56			
F_2	0.00251	0.04657	0.05561
BC_1P_1	−0.10620	−0.07740	0.09675
BC_1P_2	0.09375	−0.08363	0.09381
TN9/IR36			
F_2	0.03351	0.10084*	−0.03467
BC_1P_1	−0.05894	−0.05372	−0.01004
BC_1P_2	−0.02449	−0.02739	−0.06201
KH141/IR9752-222-3-2-2			
F_2	−0.04532	0.00652	0.24381**
BC_1P_1	−0.31559**	0.20573	−0.12195
BC_1P_2	0.00000	−0.02753	0.00000

BC_1P_1:Backctossing to female
BC_1P_2:Backctossing to male

四、回交次數與方法對稉秈稻雜交育種選拔率之影響

本試驗4組稉秈稻雜交組合，從其單交、一次回交（回交父母本計二種）二次回交、三次回交及四次回交等不同材料，在各個分離世代，依一般稉稻育種選拔基準進行選拔工作，其選拔結果列於表10及表11，由表10得知，稉秈稻單交後裔，在 F_2 世代，雖種植288～500株，卻未能選得目標植株，育種選拔率（選拔株數/種植株數）爲0。回交稉型親本一次者，育種選拔率BC_1F_1 爲8.18%；BC_1F_2爲1.41%；BC_1F_3 爲0.28%；BC_1F_4 爲0，育種選拔率逐代降低，未能選得 F_5 系統。雜種 F_1回交二次稉型親本，其從 BC_2F_1 到 BC_2F_4 之育種選拔率依序爲4.23、2.39、0.60及0.40%，選拔率亦逐代降低，但已可選出 F_5 之接近固定的優良品系。當回交三次稉型親本後，其從 BC_3F_1到 BC_3F_4各世代之選拔率分別爲7.77、4.40、2.19及0.95%，選拔率比回交2次者業已改善，但可選出之數（或選拔率）頗低。而回交四次稉型親本後，平均一個組合可選出15株優良之 BC_4F_1 植株，從 BC_4F_2 到 BC_4F_4 之選拔率分別爲3.05、2.00及2.27%。

Table 10. The selection rate of different generation from the crosses between Japonica and Indica rice.

Generation	F_1			F_2			F_3			F_4		
Cross	P*	S*	R*	P	S	R	P	S	R	P	S	R
TC189/IR36	30	—	—	378	0	0.00						
TNG70/IR56	30	—	—	500	0	0.00						
TN9/IR36	30	—	—	475	0	0.00						
KH141/IR9752**	30	—	—	288	0	0.00						
Mean	30	—	—	410	0.0	0.00						
TC189^2/IR36	71	6	8.45	600	9	1.50	270	3	1.11	90	0	0.00
TNG70^2/IR56	66	8	12.12	800	6	0.75	180	0	0.00			
TN9^2/IR36	75	8	10.67	800	3	0.38	90	0	0.00			
KH141^2/IR9752**	67	1	1.49	100	3	3.00	90	0	0.00			
Mean	70	5.8	8.18	575	5.3	1.41	158	1.0	0.28	90	0.0	0.00
TC189^3/IR36	38	3	7.89	300	13	4.33	390	1	0.26	30	0	0.00
TC189^3/IR36	23	1	4.35	100	4	4.00	120	1	0.83	30	0	0.00
TNG70^3/IR56	109	3	2.75	300	14	4.67	420	6	1.43	180	1	0.56
TN9^3/IR36	150	8	5.33	800	8	1.00	240	2	0.83	60	0	0.00
TN9^3/IR36	94	5	5.32	500	12	2.40	360	3	0.83	90	2	2.22
KH141^3/IR9752**	22	0	0.00			0.00			0.00			0.00
KH141^3/IR9752**	76	3	3.95	300	1	0.33	30	0	0.00			0.00
Mean	73	3.3	4.23	329	8.7	2.39	260	2.6	0.60	78	0.6	0.40
TC189^4/IR36	14	1	7.14	100	5	5.00	150	4	2.67	120	1	0.83
TC189^4/IR36	63	3	4.76	300	21	7.00	630	31	4.92	930	15	1.61
TNG70^4/IR56	214	17	7.94	1700	21	1.24	630	7	1.11	210	0	0.00
TN9^4/IR36	51	4	7.84	400	21	5.25	630	7	1.11	210	1	0.48
TN9^4/IR36	92	8	8.70	800	18	2.25	540	7	1.30	210	2	0.95
TN9^4/IR36	88	9	10.23	900	51	5.67	1530	31	2.03	930	17	1.83
Mean	87	7.0	7.77	700	22.8	4.40	685	14.5	2.19	435	6.0	0.95
TC189^5/IR36	—	6	—	600	17	2.83	510	18	3.53	540	26	4.81
TC189^5/IR36	—	10	—	1000	40	4.00	1200	31	2.58	930	26	2.80
TNG70^5/IR56	—	26	—	2600	79	3.04	2370	26	1.10	780	5	0.64
TN9^5/IR36	—	16	—	1600	55	3.44	1650	21	1.27	630	16	2.54
TN9^5/IR36	—	28	—	2800	69	2.46	2070	31	1.50	930	21	2.26
TN9^5/IR36	—	4	—	400	10	2.50	300	6	2.00	180	1	0.56
Mean	—	15.0	—	1500	45.0	3.05	1350	22.2	2.00	665	15.8	2.27

* P : number of planting, S : number of selection, R : selection rate (%) (S/P) .
**abridgment of IR9752-222-3-2-2

粳秈稻雜種 F_1 回交秈型親本，BC_1F_1 只有0.63%之選拔率，從 BC_1F_2 即未能選 F_3 系統。粳秈稻雜種 F_1 回交秈型親本一次，再回交粳型一次，在 F_2 世代亦未能選出符合目標之 F_3（表11）。雜種 F_1 先回交秈型親本一次，再與粳型親本回交二次，其平均選拔率從 BC_3F_1 到 BC_3F_4 分別爲3.69

、3.50、1.12及0.63%。雜種 F_1 先回交秈型親本一次再回交稉型親本三次，平均一組合可選出9.5株之 BC_4F_1 單株，其後裔平均選拔率從 BC_4F_1 到 BC_4F_4 分別爲1.61、0.97及2.24%。雜種 F_1 先回交秈型親本，再與稉型親本雜交二次者，其選拔率與雜種 F_1 直接回交稉型親本二次者略高，而較直接回交稉型親本三次者略低。

Table 11. The selection rate of different generation from the crosses between Japonica and Indica rice.

Generation	F_1			F_2			F_3			F_4		
Cross	P*	S*	R*	P	S	R	P	S	R	P	S	R
TC189/IR36^{2}	71	1	1.41	100	0	0.00						
TNG70/IR56^{2}	77	1	1.30	100	0	0.00						
TN9/IR36^{2}	73	1	1.37	100	0	0.00						
KH141/IR9752^{2}*	40	1	2.50	100	0	0.00						
Mean	65	1.0	1.64	100	0.0	0.00						
TC189^{2}/IR36^{2}	118	1	0.85	100	0	0.00						
TNG70^{2}/IR56^{2}	102	0	0.00			0.00						
TN9^{2}/IR36^{2}	177	3	1.69	300	0	0.00						
TN9^{2}/IR36^{2}	164	2	1.22	200	0	0.00						
KH141^{2}/IR9752^{2}**	110	0	0.00			0.00						
KH141^{2}/IR9752^{2}**	108	0	0.00			0.00						
Mean	130	1.0	0.63	200	0.0	0.00						
TC189^{3}/IR36^{2}	110	2	1.82	200	10	5.00	300	3	1.00	90	0	0.00
TC189^{3}/IR36^{2}	86	4	4.65	400	14	3.50	420	4	0.95	120	1	0.83
TNG70^{3}/IR56^{2}	98	6	6.12	600	20	3.33	600	6	1.00	180	2	1.11
TNG70^{3}/IR56^{2}	80	6	7.50	600	13	2.17	390	9	2.31	270	5	1.85
TN9^{3}/IR36^{2}	194	3	1.55	300	9	3.00	270	4	1.30	120	0	0.00
TN9^{3}/IR36^{2}	209	1	0.48	100	4	4.00	120	0	0.00			0.00
Mean	130	3.7	3.69	367	11.7	3.50	350	4.3	1.12	156	1.6	0.76
TC189^{4}/IR36^{2}	—	12	—	1200	8	0.67	510	4	0.78	510	2	0.39
TC189^{4}/IR36^{2}	—	18	—	1800	44	2.44	1320	25	1.89	750	19	2.53
TNG70^{4}/IR56^{2}	—	10	—	1000	21	2.10	630	5	0.79	150	2	1.33
TNG70^{4}/IR56^{2}	—	7	—	700	9	1.29	270	5	1.85	150	1	0.67
TN9^{4}/IR36^{2}	—	6	—	600	7	1.17	210	1	0.48	30	2	6.67
TN9^{4}/IR36^{2}	—	4	—	400	8	2.00	240	0	0.00			0.00
Mean	—	9.5	—	950	16.2	1.61	530	6.7	0.97	318	4.8	2.24

* P : number of planting, S : number of selection,R:selection rate (%) (S/P)
**abridgment of IR 9752-222-3-2-2

除了上述四組合外，表1之其他12組合稉秈稻雜種 F_1，亦分別回交其稉型親本四次，每次回交均就其後裔依稉稻選育基準進行選拔，各組合世代間選拔情形如下；回交稉型親本一次者，平均每組合選出5.8株 BC_1F_1，BC_1F_2平均選拔率爲0.77%，BC_1F_3 爲0.20%，BC_1F_4 爲0.83%。回交稉型親本二次者，平均每組合選出4.3株 BC_2F_1，其他各世代之平均選拔率爲 BC_2F_2：4.24%，BC_2F_3：0.94%，

BC_2F_4：0.87%。回交稉型親本三次者 ，平均每組合選出8.1株 BC_2F_1，其他各世代之平均選拔率爲 BC_3F_2：2.60%、BC_3F_3：1.69%、BC_3F_4：0.73%。回交稉型親本四次者，平均每組合選出12.9株 BC_4F_1，其他各世代爲 BC_4F_2：3.42%、BC_4F_3：1.49%、BC_4F_4：1.99%。

各世代之選拔率已分述如前，而各世代實際選出之 F_5 品系數如下：四個主要調查組合（表2）選拔結果，稉秈稻單交雜種及其一次回交後裔，無法選出 F_5 品系；雜種 F_1 回交稉型親本二次，平均每組合選0.6個 F_5 品系，雜種 F_1 回交稉型親本三次，平均每組合選6.0個 F_5 品系，雜種 F_1 回交稉型親本四次，平均每組合選15.8個 F_5 品系；雜種 F_1 先回交秈型親本一次再與稉型親本回交一次，無法選出 F_5 品系，雜種 F_1 先回交秈型親本一次再與稉型親本回交二次，平均每組合選1.6個 F_5 品系，雜種 F_1 先回交秈型親本一次再與稉型親本回交三次，平均每組合選4.8個 F_5 品系。另外12組合選拔結果，稉秈雜種 F_1 回交稉型親本一次，平均每組合選0.7個 F_5 品系；雜種 F_1 回交稉型親本二次，平均每組合選4.6個 F_5 品系；雜種 F_1 回交稉型親本三次，平均每組合選3.7個 F_5 品系；雜種 F_1 回交稉型親本四次，平均每組合選15.4個 F_5 品系。

由這些結果顯示，以育成稉稻爲目標之回交育種，以稉稻爲輪迴親爲宜，經四次回交之後裔，明顯地較能選出 F_5 優良品系。

討　論

國際稻米研究所指出雜種 F_1 （同類型雜交）的稔實率，比其親本減少3%[25]，稉秈稻雜種 F_1 的稔實率偏低現象，已爲衆多研究者[2,7,9,12,15,16,17,18]提出，本試驗之結果亦與前人之研究相似，雜種 F_1 之稔實率從3.57%～62.21%，因組合不同而有明顯的差異，其間可能係因所用之親本，雖同爲稉型或秈型之品種，但其親源仍有頗大之差異性，其中尤以秈型稻各品種間的差異較大，依據 Glaszmann[22]以同功異構酶就亞洲栽培稻（*O. sativa* L.）進行分類之結果，認爲可分爲六群，其中一至五群爲一般通稱之秈型（Indica），第六群則爲日本型（Japonica）和爪哇型（Javanica）。依據本試驗之雜種 F_1 稔實率，參照 Glaszmann 之報告，似可將 IR36、IR45、IR52、IR56等爲一群，而 IR38及 IR62等爲另一群，唯待進一步探討。

1988年第一期作，調查 TC189/IR36，TNG70/IR56，TN9/IR36，KH141/ IR9752-222-3-2-2 等四組合之 F_2 稔實率，其變域分別爲2.4～95.7%、5.7～96.6%、1.6～96.6%、1.1～94.0%，F_2 族群之平均稔實率分別爲59.39%、61.95%、60.69%、57.85%，且四組合之 F_2 稔實率之頻度分佈皆只有一個峰度，且都出現在60.1～70.0組距中，由變域平均值及頻度分佈均無明顯差異，上述四組合之 F_2 稔實率之表現相似，而四組合間 F_1 稔實率（33.72%、51.27%、53.38%、12.99%）有明顯差異，從本試驗 F_1 與 F_2 稔實率之表現不一致，認爲稉秈稻雜種不稔性，似不單僅由遺傳因子控制，此與盧[7]等之結論相似。

稉秈稻雜種 F_1，分別回交雙親之 BC_1F_1 的稔實率，本試驗之結果因回交親本不同而異，回交稉型親（母本）與回交秈型親（父本）比較時，一般而言，前者之變域較大，平均值略低，而二者頻度分佈圖亦異，後者之峰度偏右（高稔實率），其中以最低稔實率差異較大，四組合之稉/秈//稉（J/I//J）與稉/秈//秈（J/I//I）之 BC_1F_1 之最低稔實率分別爲15.1%與33.5%、29.7%與35.8%、1.1%與41.8%、9.6%與24.8%，由此結果似乎顯示秈型之花粉與稉秈稻雜種 F_1 之親和力較高，池橋氏報告[15]亦指出 I/J//I之BC_1F_1 稔實率較I/J//J之BC_1F_1 稔實率高。

本所目前爲負責本省稉稻育種工作，爲配合育種工作之執行，因此本試驗第二次（BC_2）及以後之回交，即未再回交秈型親本，全部以稉稻爲輪迴親本，其 BC_2F_1 因第一次輪迴親不同可分爲二組，其一爲全部回交稉稻（A組），另爲先回交秈稻再回交稉稻（B組），A、B兩組 BC_2F_1 的稔實率有明顯之差異，相同組合 A 、B 兩組 BC_2F_1 稔實率比較結果，A 組高於 B 組，且 A 組之稔實率較

該組合之 BC_1F_1高，而B組則相反，尤其是 KH141/IR9752-222-3-2-2組合之J/I//I///J的 BC_2F_1 稔實率，幾乎與其雜種 F_1（J/I）相似，特別偏低，顯著低於其 BC_1F_1 的稔實率。A、B 二組各組合之加權平均稔實率相差約20%（72.53%比52.84%），其差異原因，似爲 J/I//J 比 J/I//I 之遺傳背景，較接近稉稻。

從同組合 BC_1F_1 選不同單株，分別回交輪迴親其 BC_2F_1 之稔實率，有的相近，亦有差異頗大者，由這些調查結果，似乎顯示選擇雜種後裔，再行雜交或回交時，應注重選擇技術，才能得到較佳之成果。從 BC_2F_1 選株型較接近稉稻之植株爲母本，再與稉型輪迴親回交，其 BC_3F_1 之稔實率，一般而言，與 BC_2F_1相似，A 組較 B 組高，各組合之平均稔實率 BC_3F_1 略高於 BC_2F_1,唯因組合不同，亦有略爲降低者。

綜合本試驗結果，同組合各世代之平均稔實率，F_2 高於 F_1，A 組之 BC_1F_1 略低於 F_2 而高於 F_1，B 組之 BC_1F_1 高於 F_2 及 F_1，A 組 BC_2F_1 高於 BC_1F_1、F_2 及F_1，B 組之 BC_2F_1 低於BC_1F_1，而高於 F_1，A 組 BC_3F_1 高於 BC_2F_1、BC_1F_1、F_2 及 F_1，B 組 BC_3F_1 高於 BC_2F_1 及 F_1，而低於 BC_1F_1 及 F_2 ，由此結果顯示稉秈稻雜種之稔實率，隨回交次數而增加。

稻雜種 F_1 之株高顯現雜種優勢，已爲許多研究者指出[5,10,25]，本試驗之雜種 F_1之株高的雜種優勢，因組合而異，最少的只有0.51%，最高的達29.1%。雖然調查株高四組合之父母本高矮差達16.8～24.2公分，但其雜種 F_2 族群之株高頻度分佈近似常態分佈，BC_1F_1 株高的頻度分佈，亦近似常態分佈，顯示兩親間影響株高之主效因子應無差異，經探討親本之親緣，可能皆具有半矮性基因，且 Kikuchi 等[23,26,28,29]指出半矮性基因爲隱性基因，並受修飾基因影響而增長桿長，因而認爲兩親間之株高差異係受多數微效基因之影響。

稉秈稻雜種 F_2 族群各別株高，與雙親比較結果，因雜交組合而異，唯均顯示超越分離現象，較矮親本矮的植株有2.75～13.75%，較高親本高的植株有24.75～86.36%，較高親本高的植株比率最高的是高雄141/IR9752-222-3-2-2（86.36%），其次爲臺中189/IR36（75.5%），而此二組合亦是雜種 F_1 不稔率最高（81.01%）及次高（66.28%）之組合，似乎顯示雜種 F_1 的不稔率與 F_2 之株高分離比有關，唯尚待觀測更多資料，始能證明。

本試驗之 A 組 BC_2F_1（J/I//J///J）的基因型，理應比 B 組（J/I//I///J）具有較多之使高株較高的微效基因，而 BC_2F_1 的平均株高，卻是 A 組較 B 組矮；且 F_1 之株高爲最高，BC_1F_1次之，再次爲 BC_2F_1，最矮的是 BC_3F_1，這些結果似顯示，株高性狀有較高的雜種優勢之表現，株高因回交次數增加而降低。

稻穎之顏色，基本上可分爲六群：(1)稻草色（一般正常色）(2)黃橙色或茶色(3)褐色(4)灰黑色(5)紫紅色(6)橄欖色，根據前人之研究[3,13,14]指出，紫紅色係由於花青素（anthocyan）之作用，花青素之出現，需 C、A 二互補基因（complementary gene）同時存在，C 是色原素（Chromoqen），A 是花青素激體（Activator），C 基因座（C-locus）與 A 基因座（A-locus）各由6個與4個複等位基因（Multiple alleles）組成，由兩基因座之等位基因間組合之不同，而產生各種不同色和濃度的花青素，並受各部位有關之基因和對這些基因具有修飾或抑制作用的其他基因之間相互作用的影響，而出現在各部位，例如；若有 P（稃尖之色素分佈基因）基因存在，則稃尖明顯著色。穎色除 C、A、P 外尙需 Pr（內外穎之分佈基因）基因才能出現。褐系色著色（Tawny）與 C 亦有關係，故 C 有雙重作用（Dual）。影響內外穎灰黑色之基因，因研究者不同而有受一、二、三對顯性互補基因（complementary dominant gene）之報告，前川氏[18]認爲係受 Bh_1、Bh_2、Bh_3等三對顯性互補基因控制，並指出此三對基因之地理分佈不一樣，印度、東南亞、中國大陸之品種系（秈稻），多數具有 Bh_1 及 Bh_3，日本之品種系（稉稻），則含有 Bh_2 基因型，因此稉秈稻雜種常出現內外穎灰黑色。

本試驗所用之親本，其內外穎色澤，均爲一般之稻草色，其 F_1 出現灰色著色，其 F_2 及 BC_1F_1 之著色情形，依色澤深淺及比例分爲稻草色(0)，部份灰色(1)，多數灰色(2)，全淺灰色(3)，全深灰色(4)；因未就部份灰色及多數灰色植株，詳細調查其比率，故無法確實估算其遺傳基因，但由親本與 F_1 穎色不同，其 F_2 及 BC_1F_1 之穎色分離，及 BC_2F_1、BC_3F_1 及 BC_4F_1 灰黑穎色比率減少等現象，顯示稉秈稻雜種後裔內外穎之灰黑色，係由互補基因所控制。依本試驗初步調查結果，稉秈稻雜種後裔內外穎著色的情形，因組合不同而異，是親本具有不同之基因，或其他因素影響，猶待研究探討。

根據 Kinoshita 引用 Nagao 等[27]報告指出，有An-1，An-2，An-3及An-4(t) 等四個存在不同染色體的基因影響芒之有無。前川氏[18]報告指出內外穎著色基因 Bh_1 或 Bh_2 與 An-1 或 An-2 爲具28.5%組換值之連鎖。本試驗分析內外穎顏色與著芒情形之相關性，除 KH141/IR9752-222-3-2-2 之 F_2 爲極顯著（$r=0.24381$）外，其它 F_2 或 BC_1F_1 皆無顯著相關性，是否因 F_1 不稔性，使基因型未能完全表現，而與前川氏報告不同，則尚待進一步探討。本試驗之稉秈稻親本均爲無芒種，而其 F_1 皆出現有芒，而其 F_2 與 BC_1F_1 的分離現象，因組合不同而異，似由互補基因所控制，因本試驗非針對此點進行研究，謹記錄調查所得資料，而其遺傳行爲，留待他日再行探討研究。

一般回交育種[8]，仍針對一、二優良性狀，欲導入輪迴親而執行，以回交法育成之品種，本省迄今在正式登記命名的250個品種中[1,11]，只有臺中186號係以臺中65號爲輪迴親，與關東55號雜交，再回交5次並經7次自交選拔而選出品系，再經5年測驗而育成，其他皆以品種或品系爲單交或複交育成。湯[8]指出；繁村氏曾於1954年經三次回交，再經5次自交，並行篩選，將秈型水稻 Tadukan 之稻熱病抵抗性遺傳因子注入稉型農林8號內，歷時10年育成抗稻熱病品種。

本試驗是以育成優良稉稻品種，擴大稉稻遺傳資源爲目標，因而選拔時係以綜合考量各種農藝性狀及米質而進行選拔，首先在田間就各項農藝性狀（株型、葉型、株高、穗數、穗重等），綜合評量而選拔，入選之單株，經乾燥後再就米質進行淘汰，這部份工作完全憑藉經驗，並未就各性狀進行測量調查記載，全部選拔工作，均由第一作者一人負責，以避免選拔標準因人而異。

從 TC189/IR36、TNG70/IR56、TN9/IR36、KH141/IR9752-222-3-2-2等4組合之稉秈稻單交雜種 F_2 集團，未能選出 F_3 系統。其雜種 F_1 回交稉型母本一次，未能選出 F_5 品系，雜種 F_1 再回交二次稉型親本，平均每組合選出0.6個 F_5 品系，與稉型親本回交三次後，平均每組合選出6.0個 F_5 品系，雜種 F_1 回交四次稉型親本，平均每組合選出15.8個 F_5 品系。稉秈稻雜種 F_1 回交秈稻一次，及再回交稉親一次，皆未能選出 F_3 系統，再與稉型親本回交二次，平均每組合選出1.6個 F_5 品系，再回交稉型親本三次，平均每組合選出4.8個F_5 品系。

除了上述4組合以外，其他12組合稉秈稻雜種 F_1，亦因回交稉型親本次數不同，其選出F_5 之優良品系的育種選拔率而異，其從 $BCnF_4$ 選出 F_5 之選拔率及實際選出數爲：回交一次爲0.83%及0.7個品系，回交二次爲0.87%及4.6個品系，回交三次爲0.73%及3.7個品系，回交四次爲1.99%及15.4個品系，其中 BC_1 與 BC_2 後裔選出 F_5 之比率雖較 BC_3略高，回交二次實際選出 F_5 品系數亦較回交三次高，唯經查組合間各別之選拔率，發現係由 TNG70/IR45 或 TNG67/IR54之高選拔率所造成，實際上 BC_1 有86%的組合未能選出 F_5 品系，BC_2 有48%的組合未能選出 F_5 品系，BC_3 亦有43%的組合未能選出 F_5 品系，而 BC_4 只有6.7%之組合未能選出 F_5 品系。

從這些選拔結果，顯示以育成優良稉稻爲目標之稉秈稻雜交，除少數特殊組合外，一般未經回交或只回交一次，無法或難於獲得固定的優良品系，須以稉稻爲輪迴親，經四次回交，才有較多的機會選出 F_5 之接近固定的優良品系。本次稉秈稻雜種經一至四次之回交，其後裔分別按稉稻品種改良之選育標準進行選拔，所穫第五世代（F_5）稻種，業已分送各改良場，供爲新品系觀察材料，其爾後之成積，猶待追蹤調查，僅就其分離世代之選育情形，彙整本報告，或可供從事稉秈稻雜交育種者參考。

參考文獻

1. 行政院農業委員會等・1987・臺灣稻作品種圖誌・pp. 339・行政院農業委員會等編・臺北。
2. 胡兆華・1963・稻遺傳學及細胞遺傳學之研究近況。科學農業 11(7，8)：179—190。
3. 高橋、萬右衛門・1964・日本稻遺傳因子分析與連鎖群。科學農業 12(9，10)：242—246。
4. 馮朝程、許東暉、鄧耀宗・1969・臺灣秈稻與稉稻之特性研究。1.1960年以前之栽培品種。農業研究 18(3)：18—29。
5. 許東暉、洪信雄、鄧耀宗、黃眞生・1969・水稻雜種優勢之研究。(1)水稻品種間雜種第一代優勢之初步測定。農業研究 18(3)：1—17。
6. 黃眞生、陳源泉・1961・臺灣水稻育成品種間之親緣係數。農業研究 10(3)：1—5。
7. 盧守耕、孔德諟・1963・稉秈稻雜種後代稔實率及若干農藝性狀個體選拔效果之研究。中華農學會報 新(42)：1—12。
8. 湯文通・1964・回交育種法之檢討。科學農業 12(3，4)：53—63。
9. 湯文通・1956・最近東南亞秈稉兩型稻雜交育種工作之進度。科學農業 4(8)295—297。
10. 曾東海、黃眞生・1987・雜種水稻的產量與組合力。中華農業研究 36(2)：151—164。
11. 農林廳・1964・稻作改良年報—7778年・臺灣省政府農林廳・南投中興新村・
12. 謝順景・1958・水稻雜種不稔性之研究，第一報印度型與日本型稻雜種不稔性之細胞學之觀察。農業研究 7(3)：51—61 。
13. 謝順景・1960・稻之遺傳因子分析，第一報稻之顏色遺傳因子及其他性狀之遺傳。農業研究 9(2)：1—13。
14. 繆進三・1955・稻之花青素遺傳新論集萃。科學農業 3(5)：6—15。
15. 池橋宏・1985・イネの遠緣交配のF_1稔性た關する理論と應用。農業はよび園藝 60(9)：1099—1104
16. 岡彥一・1953・稻の印度型、日本型の問題。農業及園藝 28(7)：805—809。
17. 岡彥一・1956・稻品種間の雜種不稔性レニじこ。農業及園藝 31(1)：9—14。
18. 前川雅彥・1982・遠緣稻間にねける遺傳的差異關する研究。北海道大學農學部邦文紀要。13(2)：146—177
19. 橫尾政雄・1984・ィネの遠緣交雜に由來する雌性不稔。日育雜 34：219—227
20. 磯永吉・1944・增補水稻耕種法講演。臺灣農會發行 pp. 417。
21. 磯永吉・1968・蓬萊米談話。山口農試特報 16：6—18。
22. Glaszmann, J. C. 1986.A Varietal Classification of Asian Cultivated Rice (*Oryza sative* L.) Based on Isozyme Polymorphism. In Rice Genetics.P.83—90. International Rice Research Institute Los. Banos, Philippines.
23. Hu, C. H. 1989. A newly induced semidwarfing gene with agronomic potentiality. Rice Gebet. Newsl. 6 : 72—74.
24. Ikehashi, H. and A. Araki. 1986. Genetics of F_1 sterility in Remote Grosses of Rice. *In* Rice Genetics. P. 119—130. International Rice Research Institute. Los. Banos, Philippines.
25. International Rice Research Institute. 1981. 1982. 1984. Annual Reports for 1980. 1981. 1983. IRRI. Los. Banos, Philippines.
26. Kikuchi, F. 1986. Semidwarfing genes of high yielding rice varieties in Japan. *In* Rice Genetics. P. 285—295. International Rice Research Institute. Los. Banos, Philippines.
27. Kinoshita, T. 1989. Report of the Committee on Gene Symbolization, Nomenclature and Linkage Groups. Rice Genet. Newsl. 6 : 2—31.
28. Rutger, J. N., L. E. Azzini and P.J. Brookhouzen. 1986. Inheritance of semidwarf and other useful mutant genes in rice. *In* Rice Genetics. P. 261—271. International Rice Research Institute. Los. Banos, Philippines.
29. Tsai, K. H. 1989. An induced dwarfing gene, *sd—7* (*t*) , obtained in Taichung 65. Rice Genet. Newsl. 6 : 99—101.

Variation in Fertility Rate, Plant Height, and Selection Rate for Progenies of Indica-Japonica Rice Hybrids in Relation to Generations of Backcross[1]

T. H. Tseng, C. C. Chen and C. G. Chern[2]

Crosses were made between 5 Japonica rice varieties (as maternal parents) and 13 Indica varieties/strains (as paternal parents) for the purpose to introduce superior characteristics from Indica to Japonica rice. Among the 16 F_1 hybrids obtained, 4 were backcrossed to both their paternal and maternal parents.The resulted 8 BC_1 and the remaining 12 F_1 were backcrossed for 1 to 4 generations to their respective maternal parent (as recurrent parents). The fertility rate and plant height were investigated on all the F_1, F_2, BC_1F_1, BC_2F_1, and BC_3F_1 offsprings. Experimental results indicated that fertility rate of the F_1 hybrids ranged from 3.57 to 62.21%, with significant variation among combinations. Fertillity rate of the F_2 generations showed the character of normal distribution, and the average was higher than that of the F_1 populations. Fertility rate of BC_1F_1 also varied according to the parental genotype for backcrossing. The value was higher with Indica genotypes as the recurrent parent than with Japonica genotypes. In addition, fertility increased with increasing generations of backcross. Significant hybrid vigor in plant height was observed in F_1 populations. Plant height of F_1 exceeded that of the parents by 0.51—29.1%. Backcross to a tall parent tended to produce plants 10% taller than the offsprings from backcross to a short parent. Plant height decreased with increasing generations of backcross. In general, plant height of BC_3F_1 was similar to that of the parent. The Indica-Japonica hybrids showed the characteristics of low ferrtility, awned spikelets, and colored palea and lemma which were not observed on both parents. However, no correlation was recorded among the three characteristics. According to the selection criteria of Japonica rice breeding programs, no strain could be selected from single crosses between the two types of rice. After 3 generations of backcross, superior strain could be selected from most cross combinations, however, the selected rate was usually lower than 1%. The rate increased to over 2% for most combinations if the F_1 plants were backcrossed their maternal parent for 4 generations.

Key Words : Rice, Indica-Japonica Cross, Backcross, Recurrent Parent, Fertility Rate, Awned Spikelets, Colored Palea and Lemma, Plant Height, Selection Rate

---

1. Contribution No. 1615 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported by a grant from the Council of Agriculture, Executive Yuan, ROC.

2. Assistant breeder, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, ROC.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 41(2) : 132~139 (1992)

Growth and Reproduction of Maize (*Zea mays* L. cv. Tainung No. 1) Response to Soil Water Deficits. I. Changes of Growth when Stress and Recovery Occurring at the Vegetative Stage in the Controlled Environment[1]

Chwen-Ming Yang[2] and Wei-Min Hsiang[3]

Abstract : The growth of maize during soil water deficets and after water recovery in the vegetative stage was investigated for plants grown in pots under controlled -environment conditions. Soll water deticits were imposed by withholding water from daily irrigation and released by rewatering. It was found that plant height was significantly declined when soil water potential reached down to −2.5 bars, but it can be recovered in 4 weeks when water deficits were released at soil water potential as low as −10 bars. Reduced plant height in the recovered plants measured at tasseling was therefore caused by plant height reduction during the stress period, rather than on the recovery. Leaf length, rather than leaf width was decreased by water deficiency, the inhibition of which were determined by stress level and time of water recovery. Additionally, total leaf number of a plant was not affected while leaf emergence rate was changed by a short period of water deficit. At harvest, leaf weight was not varied among treated plants but both stalk and root weights were declined with decreasing soil moistures. Ear weight was also reduced in stressed plants. It was concluded that moderate soil water deficit in the vegetative stage of maize would manipulate growth pattern but may not interrupt plant from entering the reproductive phase with appropriate water recovery. However, plant growth and reproduction may be reduced by severe water deficits even full irrigation was applied after stress period.

Key words : growth, reproduction, maize, soil water deficit, recovery, vegetative stage

Introduction

It has been shown that growth of maize, as well as others, is quite sensitive to water deficits (Acevedo *et al.*, 1971; Boyer, 1970; Hsiao, 1973; Michelena and Boyer, 1982; Van

---

1. Contribution No. 1616 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI).
2. Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng 413, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant soil scientist, Departmint of Agricultural Chemistry, TARI.

Volkenburgh and Boyer, 1985). Expansion of leaves, stems, and roots and ultimately the development of reproductive organs are reduced when water deficit imposed on the vegetative stage (Denmead and Shaw, 1960). However, relatively little research has been conducted to determine the differential responses of maize growth to the water recovery from the different water deficit levels.

A close relationship between growth rate and leaf water potential was found in some crops (Boyer, 1970; Ludlow and Ng, 1967; Michelena and Boyer, 1982). Van Volkenburgh and Boyer (1985) and Tanguilig *et al.* (1987) further demonstrated that the elongation of leaf is particularly susceptible in maize experiencing water deficit. Since leaf is the primary site of carbon source supply and photosynthate production, it imposes a strong influence on maize growth and yield (Sinclair, 1984; Watson, 1957). Nevertheless, whether leaf dimension, leaf number and leaf developmint are affected upon a short period of water deficit need to be clarified.

The objective of the present study was to identify differences in plant growth of maize resulted from various levels of short period of water deficit imposed on the vegetative stage. Changes of growth upon water recovery were also examined.

Mtaerials and Methods

Maize (*Zea mays* L. cv. Tainung No. 1) plants were grown in Wagner's pots (1/2000 a), one plant per pot, in a controlled-environment chamber with circulated ambient air, 12-h photoperiod, daytime irradiance of 650 u mole m^{-2} s^{-1} PAR (Cool-white fluorescent lamps: tungsten bulbs=1 : 3), 25°C constant temperature, and 72—78% RH. Plants were watered daily and water deficits were induced by withholding water until the defined levels, i.e., −2.5, −5.5 and −10 bars, and were rsleased by rewatering. The well-watered plants were used as the control. Time of stress treatments began when the ninth leaf was 50 to 60 cm long.

The soil was a mixture (1:9, dry weight basis) of vermiculite and silt loam, which contained 50.8% silt, 31.3% sand and 17.9% clay and with a pH of 5.5 and a saturated water content of 43.4%. The equivalent ot 150 kg of N/ha, 120 kg of P_2O_5/ha, and 90 kg of K_2O/ha was equally added to each pot in 5 times during maize lifespan. Soil water potential was measured daily at midday using gypsum blocks placed at 15 to 20 cm below the soil surface. Plant height and leaf dimension (length and width, measured at the widest portion of the leaf) were determined with a ruler. Days required for leaf emergence were also recorded.The experiment was designed as a complete randomized block with 5 replicates.

Results and Discussion

Water deficit is known to affect growth, development, dry matter partitioning and grain yield during any growth stage of maize (*Zea mays* L.). However, the magnitude of the growth impairment depends on the growth stage at the time of stress, the level and duration of water deficit, and the time of water recovery, In this report, results indicated that plant height, leaf dimension and leaf developmint of maize showed a great response to soil water deficit and recovery.

Increase of plant height of maize was significantly declined by soil water potential below −2.5 bars (Fig. 1).When soil water potenial lowered down to under −10 bars, plant elongation was suppressed. Plant height was greatly promoted after rewatering at soil water potential of −10 bars and up, and was recovered in 4 weeks (Fig. 1). The pattern of plant height reduction and the recovery rate depended on stress level and the time of water recovery. Reduced plant height in the recovered plants measured at tasseling was therefore caused by plant height reduction during the stress period, rather than on the recovering period (Fig. 1 and and Table 1).

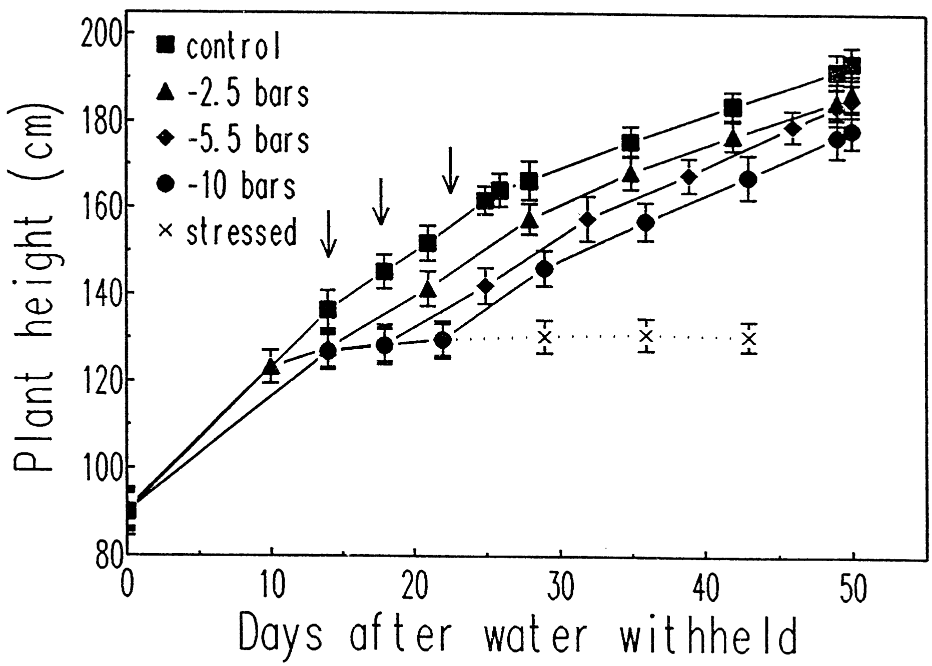


Figure 1. Changes of plant height of maize plants in response to soil water deficits and recoveries under controlled-environment conditions. Times of rewatering are marked in arrows and the standard deviation is included. The stressed plants received no irrigation after water withholding.

Table 1. Plant height and total leaf number at tasseling, and tasseling and silking dates of control and treated plants of maize, Tainung No. 1.

Item	control	−2.5 bars@	−5.5 bars	−10 bars
Plant teight (cm)	205.3	197.4	194.8	195.1
Total leaf no.	25	25	25	25
Tasseling date@@	Nov.26	Nov.29	Nov.29	Nov.28
Silking date	Dec. 2	Dec. 4	Dec. 1	Dec. 2

@ Soil water potential at which water deficit was released.
@@Planting date : Aug. 18, 1991.

There was a decreasing trend in leaf length, but not leaf width, with decreasing soil water potentials (Figs. 2 and 3), which was no surprise since the process of leaf expansion is known to be influenced by even small water deficits (Boyer, 1968, 1970; Bunce, 1977; Hsiao, 1973). This experiment further found that reduction of leaf length by a short period of water deficit can prolong to a certain duration, occurred from Leaf 8 extended up to Leaf 14 in this case, even upon rewatering. Thus, total leaf area was greatly decreased through reduced leaf expansion and increased senescence rate (Bennett and Hammond, 1983; wilson and Allison, 1978).

Tugor maintenance and proton excretion to the apoplastic space in the wall-loosening processes are the two major factors often documented in the literature governing cell enlargement (Cleland and Rayle, 1978; Dwyer and Stewart, 1985; Haiao, 1973; Tanguilig *et al.*, 1987; Van volkenburgh and Cleland, 1980). Van Volkenburgh and Boyer (1985) further pointed out that the cause of the inhibition effect of lower water potential on maize growth was to impair the ability of growing cells to excret protons acidifying the cell wall space, which related to the regulation of cell enlargement. Meyer and Boyer(1972)and Michelena

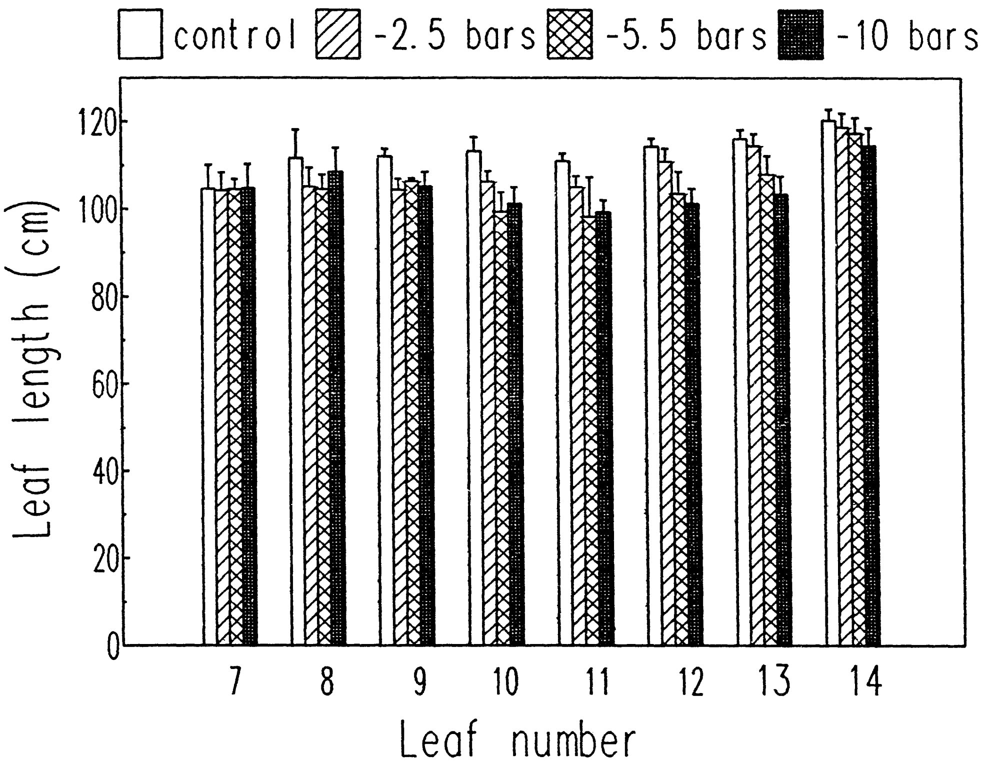


Figure 2. Comparison of leaf lengths of control and the recovered plants of maize, Tainung No. 1.

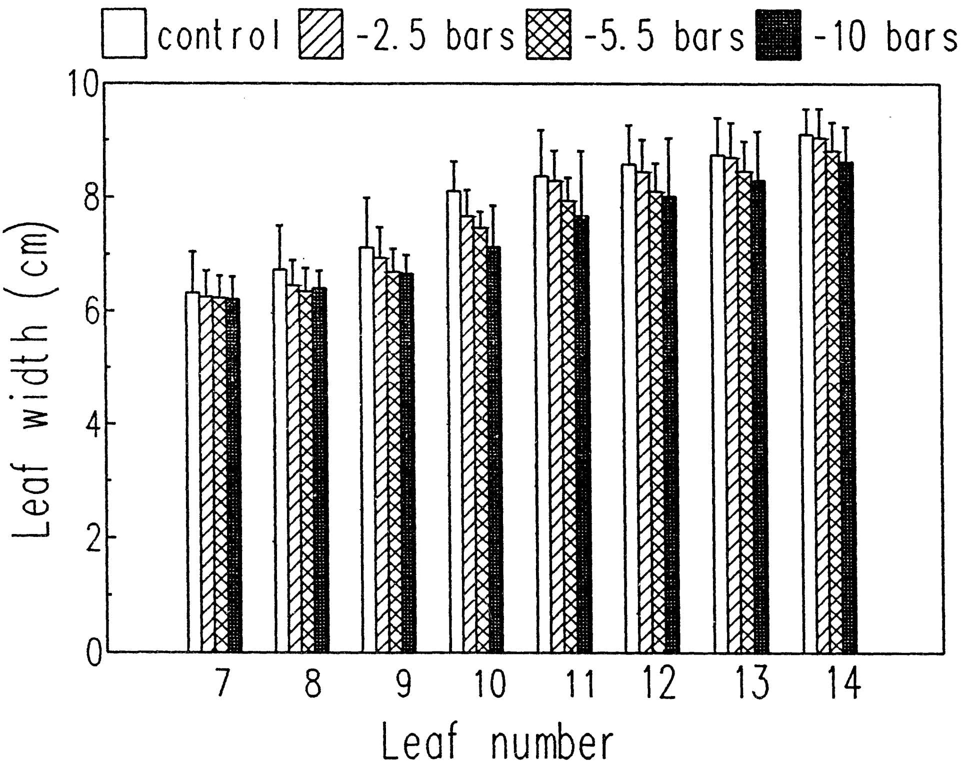


Figure 3. Comparison of leaf widths of control and the recovered plants of maize, Tainung No. 1.

and Boyer (1982) mentioned that growth of soybean and maize often is inhibited even though trugor maintenance is obtained, especially in stem and leaf tissue. In addition, the broken of the physiological balance by water deficit would further inhibit maize growth since many mechanisms such as carbon metabolism, transpiration and nutrient uptake were restrained (Begg and Turner, 1976; Hsiao, 1973; Levitt, 1980; Sullivan and Eastin, 1974; Tanguilig *et al.*, 1987; Turner and Kramer, 1980).

The rate of leaf emergence was interfered by water stress treatments (Table 2), but the total leaf number per plant measured at tasseling was not changed (Table 1). The result was in contrast to those reported by others (Bennett and Hammond, 1983; Wright and Keener, 1982), which may due to the variations of the experimental conditions. It was indicated that the dates of tasseling and silking were not influenced by water deficits (Table 1). Apparently, maize development, in terms of the times of tasseling and silking, was not retarded by moderate water deficit occurred during the vegetative stage if water recovery was applied in time.

Table 2. Comparison of days required for leaf emergence of control and the treated plants of maize, Tainung No. 1.

Leaf no	Control	−2.5 bars @	−5.5 bars	−10 bars
10	3	3	3	3
11	5	4	5	4
12	6	7	8	8
13	10	11	23	23
14	15	20	26	26
15	28	22	28	27
16	26	29	33	32

@Soil water potential at which water deticit was released.

Dry weights of the different plant parts at harvest were shown in Fig. 4. Leaf weight was not varied among treated plants while both stalk and root weights were declined with decreasing soil moistrues. Ear weight was also reduced in stressed plants. A 13% difference in plant weight was found between control and the stressed plant received −10 bars of soil water potential treatment. Similar results were reported by Denmead and Shaw (1960), in which the vegetative and the reproductive organs were reduced when water deficit imposed on the vegetative stage.

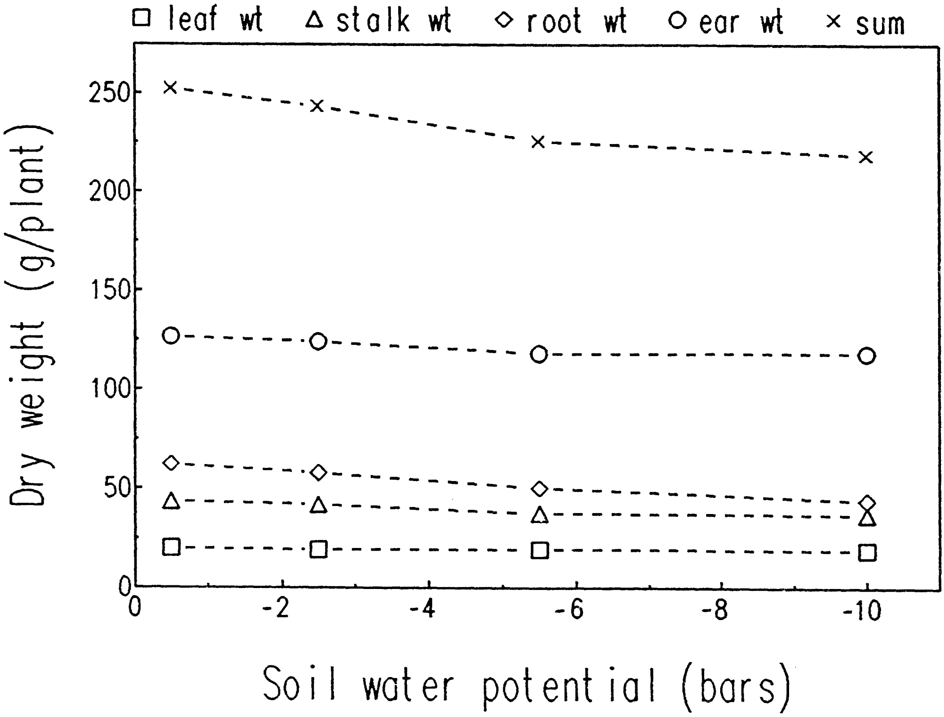


Figure 4. Dry weights of the different plant parts of maize, Tainung No. 1, at harvest as a function of soil water potential.

It is therefore concluded that short-term moderate soil water deficit occurs in the vegetative stage of maize would manipulate growth pattern but may not interrupt plant from entering the reproductive phase with appropriate water recovery. However, plant growth and reporduction may be reduced in severe water stress even full irrigation was applied after stress period.

References

Acevedo, E., T.C. Hsiao, and D.W. Henderson. 1971. Immediate and subsequent growth response of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiol.* 48 : 631-636

Begg, J.E., and N.C. Turner. 1976. Crop water deficits. *Adv. Agron.* 28 : 161-217.

Bennett, J.M., and L.C. Hammond. 1983. Grain yields of several corn hybrids in response to water stresses imposed during vegetative growth stages. *Proc. Soil Crop Scl. Soc. Fla.* 24 : 107-111.

Boyer, J.S. 1968. Relationship of water potential to growth of leaves. *Plant Physiol.* 43 : 1056-1062.

Boyer, J.S. 1970. Leaf enlargement and metabolic rate in corn, soybean, and sunflower at various water potentials. *Plant Physiol.* 46 : 233-235.

Cleland, R.E., and D.L. Rayle. 1978. Auxin, H^+-excretion and cell elongation. *Bot. Hag. Tokyo Spec.* Issue 1 : 125-139.

Denmead, O.T., and R.H. Shaw. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages on development and yield of corn. *Agron. J.* 52 : 272-274.

Dwyer, L.M., and D.W. Stewart. 1985. Water stress conditioning of corn (*Zea mays*) in the field and the greenhouse. *Can. J. Bot.* 63 : 704-710.

Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. *Plant Physiol.* 24 : 519-570.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2nd ed. Vol. II. Water, radiation, salt and other stresses. p.25-280. Academic Press, N.Y.

Ludlow, M.M., and T.T. Ng. 1967. Leaf elongation rate in *Panicum maximum* var. trichoglume removal of water stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 4 : 263-272.

Meyer, R. F., and J. S. Boyer. 1972. Sensitivity of cell elongation to low water potential in soybean hypocotyls. *Planta* 108 : 77-87.

Michelena, V.A., nd J.S. Boyer. 1982. Complete trugor maintenance at low water potential in the elongating region of maize leaves. *Plant Physiol.* 69 : 145-1149.

Sullivan, C.Y., and J.D. Eastin. 1974. Plant physiological responses to water stress. *Agric. Meteorol.* 14 : 113 -127.

Tanguilig, V.C., E.B. Yambao, J.C. O'Toole, and S.K. De Datta. 1987. Water stress effects on leaf elongation, leaf water potential, transpiration, and nutrient uptake of rice, maize, and soybean. *Plant Soil* 103 : 155-168.

Turner, N.C., and P.J. Kramer. 1980. Adaptation of plants to Water and high temperature stress. p. 482. Wiley Interscience, N.Y.

Van Volkenburgh, E., and K.E. Cleland. 1981. Proton excretion and cell expansion in bean leaves. *Planta* 148 : 272-278.

Van Volkenburgh, E., and J.S. Boyer, 1985. Inhibitory effects of water deficit on maize leaf elongation. *Plant Physiol.* 77 : 190-194.

Wright, A.D., and M.E. Keener. 1982. A test of a maize growth and developmint model, CORNF. *Agric. Systems* 9 : 181-197.

玉米 (*Zea mays* L. cv. Tainung No. 1) 生長與產量對土壤缺水之反應 (一)營養生長期缺水及灌水恢復對生長之影響[1]

楊純明[2] 向為民[3]

摘要：本文試驗旨在探討控制環境下，營養生長期土壤缺水及灌水恢復對玉米生長之影響。土壤缺水及灌水恢復係以灌水與否控制。根據試驗結果，當土壤水分潛勢下降至－2.5 bars 以下時，玉米植株之株高將明顯降低。在土壤缺水達 －10 bars 之前予以灌水恢復，株高伸長可在四星期內增加至與不缺水之對照組相當，故處理間在雄穗抽出時所測得株高之差異，乃肇因於缺水處理期間株高伸長降低，而非灌水恢復期間株高伸長遲緩引起。葉長亦受到缺水阻滯，其減少情形端視缺水程度及灌水恢復時間決定。玉米植株葉片數雖然不因土壤缺水影響，但葉片伸出率則發生變化，即葉片伸出所需時間隨缺水程度增加而延長。收穫時，處理葉片乾重雖無差異，莖稈重、根重、及穗重均因土壤缺水而減少。綜此試驗結果，本文認爲營養生長時期中等程度缺水將改變玉米生長模式，惟若能及時灌水恢復則不影響其進入生殖生長期。在嚴重缺水狀況下，玉米植株生長及產量將會受到顯著抑制。

關鍵詞：玉米、產量、生長、土壤缺水、灌水恢復、營養生長期

1. 臺灣省農業試驗所研究報告第 1616 號。
2. 臺灣省農業試驗所農藝系副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。
3. 臺灣省農業試驗所農化系助理研究員。

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(2)：140～158（1992）

山藥臺農1號之選育與適應性[1]

劉新裕　王昭月　徐原田　段中漢[2]

摘要：山藥新品種臺農1號之親本源自千里達地區之 Coconut-Lisbon，自1967年引進後，歷經多年馴化與選育試驗，於1991年命名推廣。新品種具有繁殖容易、產量高而穩定、品質優越及適應力大之優點，能適應本省海拔800m以下之生長環境，其地上部蔓及葉生長旺盛，蔓長可達6m，地下部塊莖產量高而穩定。由四次區域試驗之產量結果可知，臺農1號之平均公頃塊莖產量達22t/ha。新品種塊莖皮薄，肉厚、色白且多粘質，富含澱粉、蛋白質及多種礦物質與必需胺基酸，營養價值甚高，可供食用、加工用及藥用。新品種塊莖在17°C或14°C下之貯藏時間可達26週或32週以上，在利用上具有很大的內銷及外銷潛力。

關鍵詞：山藥、育種、栽培品種、栽培、炭疽病、品質、加工

山藥原名薯蕷，俗名准山，爲薯蕷科（*Dioscoreaceae*）薯蕷屬（*Dioscorea*）之蔓性多年生植物，係我國傳統醫藥中極爲重要的藥用植物之一；『神農本草經』列爲上品，具有滋養強壯及止瀉之功效[4]。原產我國、日本及亞洲熱帶地區，於16世紀後傳到美洲、歐洲及非洲、薯蕷屬植物在全世界之植物總數超過600種，大抵分佈於南北兩半球之間，而較集中於東南亞、中、南美洲及非洲[7]；分佈於本省的有15種及4變種[9]，或有謂略多些[3]。在本省之栽培面積尚無正確統計數字，惟據本所初步調查資料估計，約有300公頃左右，且大部分品種皆屬於 *D. alata* 植物。過去由於未能愼選栽培品種及熟悉栽培及加工技術，所以產量不高，品質較差，經濟價值因而降低，亟待加以改良。

D. alata 山藥一般皆爲雌雄異株，種子多具不稔性，有些品種且不易開花[15]，實際上較不易進行雜交育種，故多年以來本所即致力於蒐集及篩選優良山藥品系、改進栽培技術及開發多方向加工技術與產品。已篩選出較具高產潛力及品質優良之品系，在白肉山藥系統中有千里達（Coconut-Lisbon）、巴西山藥（Brazilien yam）、農試品保一號（代號70W-01）、嘉義地方種山藥（Chiayi local yam，代號 70W-02）、臺東地方種山藥（Taitung local yam，代號70W-03），及農試品保四號（代號70W-04）等36品系，在紅肉山藥系統中有埔里紅薯（代號70R-01）等14品系。

針對山藥之植物特性及國內栽培山藥之缺點與困難，本所進行山藥之育種目標有下列三項：(1)高適應力及穩定性：優良山藥品種應具有適應力高及穩定度大之特點，能適應全省各地之生長環境，在不利之生長環境下之敏感度較低，足以維持一定之生育表現，而在較合適環境下之敏感度較高，在各項性狀及產量表現上預期有不錯之表現。(2)高產及質優：產量之增加及品質之提升同爲山藥育種之重要目標，由於山藥一般之生長時間約爲8個月左右，係屬於較長期之作物種類之一，在產量上自應有一定之要求標準。此外，山藥亦屬重要的國際性農(園)藝作物之一，有關營養品質之要求尤須與產量同時注意及提高。(3)適合多方向加工之需要：山藥爲重要藥用植物之一，除供藥用外，尚可供食用及加工用，用途甚廣。在品種選育上宜同時注重加工品質如塊莖之色度及粘度等特性之篩選，並試行多方向加工利用可行性之開發探討因加工製品較易貯放，材料之需要量較大，且附加價值較高，如此將

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1617 號。
2. 本所農藝系研究員、作物種原室助理研究員、農藝系助理及植病系助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

更能提高農民之收益。

材料與方法

1. 試驗材料：千里達品系（Coconut-Lisbon）及相關試驗對照品系之種薯。

2. 品種來源：

民國56由農復會（今農業委員會）組成園藝作物考察團自國外如千里達等地引進幾個山藥品種，經本所隔離與檢定無病蟲害感染源後，利用塊莖繁殖，並進行多年觀察、馴化及適應試驗，初步發現其中千里達品系之農藝性狀及產量表現比本省大多數品種爲佳，且品質優良，頗符合本省山藥之育種目標，值得選定爲優良的育種材料，以便晉入品種（系）比較試驗、區域試驗及申請登記命名，以利推廣。

3. 試驗方法：

A.品種選育試驗：

(一)品系觀察：

第一次品系觀察試驗於66年在本所進行，試驗設計爲 RCBD，三重複，小區面積爲3.6m²，行株距 120×30cm。對照品種（系）爲巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種。

第二次品系觀察試驗於67年在本所進行，試驗設計爲 RCBD，三重複，小區面積爲3.6m²，行株距爲120×30cm。對照品系同上 。

(二)品系產量比較試驗：

第一次品系產量比較試驗於68年在本所進行，試驗設計爲 RCBD，四重複，小區面積爲3.6m²，行株距爲120×30cm。對照品系爲巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種。

第二次品系產量比較試驗於75年在本所進行，試驗設計爲 RCBD，四重複，小區面積爲12m²，根據74年行株距試驗結果修改行株距爲100×30cm。對照品系同上。

(三)區域試驗：

第一次區域試驗於76年在臺中、嘉義及恆春三試區進行，試驗設計爲 RCBD ，四重複，小區面積爲12m²，行株距爲100×30cm。對照品系爲巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種。

第二次區域試驗於77年在臺中、嘉義及鳳山三試區進行，試驗設計爲 RCBD，四重複，小區面積爲12m²，行株距爲100×30cm。對照品系同上。

第三次區域試驗於78年在臺中、嘉義及埔里三試區進行，試驗設計爲 RCBD，四重複，小區面積爲12m²行株距在臺中及嘉義二區爲100×30cm，在埔里地區則爲150×30cm，此爲適應埔里較高海拔之坡地形及配合機械整地之因應措施。對照品系同上。

第四次區域試驗於79年在臺中、嘉義及埔里三試品進行，試驗設計爲 RCBD，四重複，小區面積爲24m²，行株距在臺中及嘉義二區爲100×30cm，在埔里試區爲150×30cm。對照品系爲巴西品系、臺東地方種及農試品保四號（70W-04）。

B.栽培試驗、成分分析及加工利用：

(一)肥料種類及用量試驗：

於75年在本所進行化學肥料種類及用量試驗，於 P_2O_5 及 K_2O 各固定爲60及120 kg/ha 下，N 肥有0、30、60、90及120kg/ha五種變級，於 N 及 P_2O_5各固定爲90及60kg/ha時，K_2O用量亦有0、60、90、120及180kg/ha五種變級。試驗設計爲 RCBD，三重複，小區面積爲12m²，行株距爲100×30cm，對照品系爲臺東地方種。此外，另於78年在本所進行有機肥料試驗[1]，利用兩種有機肥料：甘雨特肥（45% chicken manure）與牛糞肥（cattle manure），以及化學肥料（NPK），探討對三種山藥品系塊莖公頃產量之影響。肥料用量在甘雨特肥爲5,

000kg/ha，牛糞肥爲5,000kg/ha，化學肥料爲硫酸銨430kg/ha，過磷酸鈣330kg/ka 及氯化鉀150kg/ha，試驗設計爲 RCBD，四重複，小區面積爲12m²，行株距爲100×30cm。對照品系爲農試品保4號（70W-04），及70R-01。

(二)行株距試驗：

於74年在本所進行行株距固定爲 30cm 時，行距爲80、100及120cm共三組處理，行距固定爲100cm 時，株距爲20及30cm 共二組處理，試驗設計爲 RCBD ，三重複，小區面積平均約爲12m²。基肥爲每 1 ha牛糞10,000kg，化學肥料爲 N：P_2O_5：K_2O＝90：60：90kg/ha。

(三)植期試驗：

於76及77年在本所進行植期試驗，76年爲四、五、六月三種植期，77年自二至六月共五種植期，試驗設計爲 RCBD，三重複，小區面積爲12m²，行株距爲100×30cm。肥料種類及用量如第二項。

(四)成分分析[10]、加工品質測定[10]及健康食品試製：

成分分析於77年在本所及臺大進行，一般成分分析中水份以普通常壓乾燥法定量；脂肪乃利用 Soxhlet 裝備以石油醚萃取求得之粗脂肪質表之；粗蛋白質之測定採用 Kjeldahl 氏方法經分解、蒸餾及滴定等步驟，計算出總氮量，再換算成蛋白質，所乘之係數爲6.25；粗纖維測定乃樣品經弱酸、弱鹼及酒精處理後，經灰化後失去之重量即爲粗纖維；灰分測定乃樣品在600°C燃燒去盡有機物，留下之絕大部分無機物即爲灰分；礦物元素含量測定乃樣品以三酸混合液即 HNO_3：$HClO_4$：H_2SO_4＝4：1：1(v/v)加入靜置後加熱分解，或加入 1N Hcl，靜置24小時並過濾，之後定量成50ml ，以焰光分析法分析 k，以原子吸光法測 Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 及 Zn[8]。蛋白質之胺基酸含量分析，乃取千里達塊莖肉部乾粉57.3mg，經前處理水解、過濾及稀釋成 1 ml，取 5 ul注入胺期酸自動分析儀分析，所得結果與定量之標準品比較，以決定其組成及濃度，本項分析係委託國立臺大農業化學系陳建源副教授代爲分析。

另於78年在本所進行山藥色度及黏度分析，外銷加工品質黏度之檢定，以100g去皮山藥加3.5倍水後，以果汁機打汁1分鐘，利用 Brookfield viscometer 測定10分鐘後計值。顏色變化測定乃利用日本 Tokyo Denshoku 公司出品之 Color Difference Meter（Model TC/6FX）色差儀測山藥塊莖肉色之 L、a、b 值變化。上述分析過程中，每處理皆隨機取樣，3—4重複，調查分析後以平均值表示之，同時進行變方分析及差異顯著性測定。對照品系爲巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種。

健康食品試製乃與國立嘉義農專及愛之味食品公司合作，進行多項加工產品之研究開發工作。

(五)塊莖貯藏試驗：

於79年在本所進行室溫（20±8°C）、17±1.5°C及14±1.5°C等三種溫度對千里達山藥品系塊莖貯藏之影響試驗，每處理塊莖數五粒，三重複。

(六)試驗地區土壤及氣象條件之比較：

分析比較臺中、嘉義、鳳山及埔里四處栽培試區之土壤質地、pH質、有機質含量及有效P與K之含量，同時比較四地區之溫度、雨量及日照之差異，並探討對千里達塊莖產量可能影響程度。

C.病蟲害調查及防治：

於77年及78年在本所、嘉義及埔里試區進行，調查炭疽病病害及其他蟲害之罹病情形，並提出初步防治方法。

山藥炭疽病（Anthracnose of yam）之調查與防治方法如下：

(1)取樣：每塊田逢機採取10點，每點於 1m² 範圍內任意計算50葉之發病度。並調查其病癥及病菌

之形態等。

(2)罹病度標準：以發病指數表示每片葉之病斑數，0代表無病斑，1代表1—5病斑，2代表6—10病斑，3代表11—30病斑，4代表31—60病斑，5代表61病斑以上。

(3)罹病率計算：

$$每調查小區之罹病率=\frac{\Sigma（指數\times該指數罹病葉數）}{5\times全部調查葉數}\times100\%$$

每塊田之罹病率即爲10個調查小區罹病率之平均值。

(4)防治：於室內進行藥劑篩選，探討 Minorix、Dithianon 及 Chlorothalonil 對炭疽病菌分生孢子之殺菌效果。

D.新品種主要特性調查：

包括全生育期各項農藝性狀調查、種薯萌芽率比較及植株形態特徵觀察等。

E.申請登記命名：

命名資料於整理、分析、研判及撰寫後，將依據『臺灣省農業用動植物及微生物新品種登記命名辦法』，提請農林廳進行資料及田間審查，以便命名登記，及利於推廣生產。

結果與討論

A.品種選育試驗：

(一)品系觀察：

第一次品系觀察試驗於66年在本所進行，對照品系爲巴西品系、嘉義地方種、臺東地方種及恆春山藥（D. doryophora）。試驗結果顯示千里達品系之株高、分蘗數、節數、莖葉乾重、單株塊莖鮮重及公頃產量等均較其他品系優異；千里達之塊莖產量爲5.75t/ha，與巴西品系及臺東地方種間產量之差異不顯著，但明顯比嘉義地方種及恆春山藥爲高（表1）。本試驗參試山藥之生育期爲7個月。

表1. 第一次山藥品系之性狀與塊莖產量觀察（民國66年）

Table. 1. Agronomic characters and tuber yield of four yam lines in yield trial 1977.

Line	Plant height	Tiller no.	Node	Vine+leaf	Tuber	
					Fr. wt.	Yield
	(cm)	(no/pl)	(no/pl)	(d.wt. g/pl)	(g/pl)	(t/ha)
Coconut-Lisbon	105.0[a]*	2.8[a]	19.0[a]	49.3[a]	213[a]	5.75[a]
Brazilien yam	87.0[b]	2.7[a]	14.3[b]	30.3[b]	207[a]	5.59[a]
Chiayi local yam	75.7[b]	3.1[a]	14.6[b]	14.3[c]	137[b]	3.70[b]
Taitung local yam	105.3[a]	3.9[a]	14.8[b]	30.3[b]	180[ab]	4.86[a]
Dioscorea doryophora	20.0[c]	1.0[b]	10.0[c]	3.0[c]	47[c]	1.27[c]

* Means followed by the same letter within each column are not significatly different at 5% level by the LSD test.

第二次品系觀察試驗於67年在本所進行，在參試四品系中，千里達品系之主要農藝性狀表現除株高外與其他品系相近，其產量（11.07 t/ha）與嘉義地方種無顯著差異，但高於巴西品系及臺東地方種（表2）。本試驗參試山藥之生育期爲7個月。

表2. 第二次山藥品系之性狀與塊莖產量觀察（民國67年）

Table. 2. Agronomic characters and tuber yield of four yam lines in yield trial 1978.

Line	Plant height	Tiller no.	Node	Vine+leaf	Tuber		
					Number	Fr. wt.	Yield
	(cm)	(no/pl)	(no/pl)	(d.wt. g/pl)	(no/pl)	(g/pl)	(t/ha)
Coconut-Lisbon	86.0a*	2.5a	13.0a	80.8a	2.1a	410a	11.07a
Brazilien yam	117.5a	3.5a	17.0a	29.2c	2.5a	345b	9.32b
Chiayi local yam	110.0a	2.0a	17.0a	72.3a	2.7a	470a	12.69a
Taitung local yam	51.5c	3.5a	11.0a	40.7b	2.9a	250c	6.75c

* Means followed by the same letter within each column are not significatly different at 5% level by the LSD test.

(二)品系產量比較試驗：

第一次品系產量比較試驗於68年在本所進行，對照品系爲巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種。在山藥植株地上部位性狀如株高、分蘖數、節數及莖葉乾重方面，以千里達品系與嘉義地方種之表現最優，千里達品系單株塊莖數目雖不如臺東地方種，但塊莖長度與直徑則有較高的趨勢，唯差異未達顯著水準；參試品系之產量除巴西品系較低外，其餘三品系間無顯著差異，介於22.87至27.54t/ha 之間（表3）。本試驗參試山藥之生育期爲8個月。

表3. 第一次第一次品系產量比較（民國68年）

Table. 3. Agronomic characters and tuber yield of four yam lines in yield trial 1979.

Line	Plant height	Tiller no.	Node	Vine+leaf	Tuber				
					Number	Length	Diameter	Fr. wt.	Yield
	(cm)	(no/pl)	(no/pl)	(d.wt. g/pl)	(no/pl)	(cm)	(cm)	(g/pl)	(t/ha)
Coconut-Lisbon	198.0a*	2.1a	22.0a	149.0a	2.3b	18.3a	14.5a	860a	23.22a
Brazilien yam	131.0b	1.5a	15.0b	79.7b	1.4b	17.6a	12.1b	353b	9.53b
Chiayi local yam	177.0a	1.8a	23.7a	158.7a	2.5b	19.8a	11.8b	1,020a	27.54a
Taitung local yam	100.3b	1.9a	14.0b	136.7a	3.6a	12.1a	11.5a	847a	22.87a

* Means followed by the same letter within each column are not significatly different at 5% level by the LSD test.

第二次品系產量比較試驗於75年在本所進行，參試品系與第一次產量比較試驗相同，生育期同爲8個月。千里達品系除塊莖長度較低外，其他地上部與地下部植株性狀表現均優，其塊莖產量爲24.49t/ha，略差於巴西品系之25.39t/ha，但明顯較嘉義地方種及臺東地方種各高出23%及33%（表四）

表4. 第一次山藥品系之性狀與塊莖產量觀察（民國66年）

Table. 4. Agronomic characters and tuber yield of four yam lines in yield trial 1986.

Line	Plant height	Tiller no.	Tuber				
			Number	Length	Diameter	Fr. wt.	Yield
	(cm)	(no/pl)	(no/pl)	(cm)	(cm)	(g/pl)	(t/ha)
Coconut-Lisbon	210a*	2.9a	1.55a	13.26b	10.02a	735.5a	24.49a
Brazilien yam	187a	2.5a	2.10a	12.07b	10.57a	764.5a	25.39a
Chiayi local yam	192a	2.1a	2.15a	20.45a	6.38b	601.3a	19.98b
Taitung local yam	154b	2.0a	2.08a	11.55b	8.16a	554.0b	18.41b

* Means followed by the same letter within each column are not significatly different at 5% level by the LSD test.

㈢區域試驗：

第一次區域試驗於76年在臺中、嘉義及恆春三試區進行，對照品系爲巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種。在株高、分蘖數及植株（莖葉）鮮重等性狀方面，千里達品系於三個試區均屬表現最優異的品系之一。

千里達品系每株塊莖數目及平均塊莖長度較其他品系爲低，塊莖直徑則爲最高者之一。在產量方面，臺中試區四個品系的表現相近，介於20.07--22.75t/ha 之間，以千里達品系最高，但品系間差異不顯著；千里達在嘉義試區之產量爲24.34t/ha ，顯著超過嘉義地方種與臺東地方種；在恆春試區之產量則爲所有參試品系中之最高者。千里達品系在三地區之平均產量爲23.25t/ha，依次較巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種高14%、29%及46%（表5）。

表5. 第一次區域試驗四種山藥品系之性狀及塊莖產量比較（民國76年）

Table. 5. Comparison on the tuber characteristics and tuber yield of fouryam lines grown at three locations in the first regional yield trial 1987.

Line	Plant			Tuber				
	height	weight	Tiller	Number	Length	Diameter	Fr. wt.	Yield
	(cm)	(g/pl)	(no/pl)	(no/pl)	(cm)	(cm)	(g/pl)	(t/ha)
			Taichung area					
Coconut-Lisbon	419.4a	919.2a	3.7a	3.01b*	12.63b	9.08a	689.4a	22.75a
Brazilien yam	403.5a	852.1b	3.4a	3.60a	11.74b	10.27a	608.2a	20.07a
Chiayi local yam	418.3a	963.4a	3.5a	3.28b	19.39a	6.84b	622.1a	20.53a
Taitung local yam	432.7a	832.7b	3.3a	3.88a	11.25b	8.52a	671.5a	22.16a
Average	418.5	891.9	3.5	3.44	13.75	8.67	647.8	21.37
			Chiayi area					
Coconut-Lisbon	398.8a	907.3a	4.2a	1.78b	10.53b	6.72a	735.5a	24.34a
Brazilien yam	392.1a	863.8b	3.2b	2.05a	9.78b	6.89a	712.3a	23.51a
Chiayi local yam	428.3a	891.7a	3.7b	1.98a	19.51a	5.04b	601.3b	19.84b
Taitung local yam	414.5a	814.5b	4.1a	2.08a	13.94a	5.15b	574.0b	18.94b
Average	408.4	869.3	3.8	1.97	13.44	5.95	656.2	21.65
			Hengchun area					
Coconut-Lisbon	368.2a	852.4a	3.3a	3.08b	15.11b	8.25a	686.3a	22.65a
Brazilien yam	371.5a	739.4b	3.1a	4.58a	12.25b	6.24b	546.8b	18.05b
Chiayi local yam	357.8a	831.9a	3.6a	2.75b	20.54a	4.56c	422.8b	13.95b
Taitung local yam	389.4a	573.5c	2.5b	2.65b	14.85b	5.67b	205.8c	6.80c
Average	371.7	749.3	3.1	3.26	15.68	6.18	465.4	15.36

* Means followed by the same letter within the column at each location are not significatly different at 5 % level by LSD test.

第二次區域試驗於77年在臺中、嘉義及鳳山三試區進行，參試品系與第一次區域試驗相同。千里達品系在臺中試區之株高較臺東地方種為低，在鳳山試區之株高及莖葉鮮重亦較部份品系為低，但其餘性狀則均為最優者之一。

千里達品系每株塊莖數目在各試區均屬最多者之一，塊莖長度在臺中及鳳山試區低於嘉義地方種，在嘉義地區低於嘉義地方種與臺東地方種，塊莖直徑則以千里達品系最高。千里達品系在三個試區的平均產量為18.1t/ha，比巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種依次高11%、8%及34%；在適應能力方面，千里達品系似較適合於臺中及嘉義地區栽培，在鳳山之適應力雖較差，但產量亦達11.2t/ha（表6）。

表6. 第二次區域試驗四種山藥品系之性狀及產量比較（民國77年）

Table. 6. Comparison on the agronomic characteristics and tuber yield of four yam lines cultivated at three different regions in the second regional yield trial 1988.

Line	Plant			Tuber				
	Height	weight	Tiller	Number	Length	Diameter	Fr. wt.	Yield
	(cm)	(g/pl)	(no/pl)	(no/pl)	(cm)	(cm)	(g/pl)	(t/ha)
Taichung area								
Coconut-Lisbon	468.7[b]	1134.8[a]	2.3[a]	2.7[a]	12.76[b]	9.74[a]	815.0[a]*	22.65[a]
Brazilien yam	400.7[b]	726.7[b]	1.8[a]	1.3[c]	12.13[b]	10.21[a]	475.0[b]	14.25[b]
Chiayi local yam	478.3[b]	1331.6[a]	2.2[a]	2.0[b]	18.12[a]	7.09[c]	588.3[b]	16.35[b]
Taitung local yam	562.3[a]	1288.7[a]	2.9[a]	2.6[a]	11.78[b]	8.59[b]	775.0[a]	21.55[a]
Average	477.5	1120.4	2.8	2.1	13.70	8.91	663.3	18.70
Chiayi area								
Coconut-Lisbon	419.7[a]	1125.0[a]	4.3[a]	5.1[a]	10.63[c]	6.43[a]	733.3[a]	20.38[a]
Brazilien yam	430.3[a]	728.0[b]	5.4[a]	4.5[a]	10.25[c]	7.19[a]	485.0[b]	14.55[b]
Chiayi local yam	407.7[a]	1233.4[a]	4.6[a]	3.6[b]	19.31[a]	4.87[b]	763.3[a]	21.22[a]
Taitung local yam	438.7[a]	583.3[c]	5.4[a]	3.9[b]	14.26[b]	5.27[b]	426.7[b]	11.86[b]
Average	424.1	917.4	4.9	4.2	13.61	5.94	785.4	17.00
Fengchun area								
Coconut-Lisbon	308.0[b]	506.0[b]	6.1[a]	4.7[a]	15.18[b]	8.51[a]	373.7[b]	11.21[b]
Brazilien yam	345.0[b]	1146.7[a]	3.0[c]	2.7[b]	11.44[b]	6.53[b]	730.0[a]	20.29[a]
Chiayi local yam	307.3[b]	1073.4[a]	4.8[b]	5.4[a]	24.41[a]	4.74[c]	466.7[b]	12.97[b]
Taitung local yam	439.3[a]	733.3[b]	2.5[c]	3.4[b]	15.52[b]	5.62[c]	260.0[c]	7.23[c]
Average	349.9	864.8	4.1	3.3	16.64	6.35	457.6	12.93

* Means followed by the same letter within the column at each location are not significatly different at 5 % level by LSD test.

第三次區域試驗於78年在臺中、嘉義及埔里三試區進行，參試品系與第一、二次區域試驗相同。比較千里達與其他三個品系之植株與塊莖性狀及產量可知，千里達品系除塊莖長度外，其他性狀之表現甚佳，三試區平均產量為22.8t/ha，比巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種各高出13%、22%及31%（表7）。

表7. 第三次區域試驗四種山藥品系之性狀及產量比較（民國76年）

Table. 7. Comparison on the tuber characteristics and tuber yield of four yam lines grown at three cultivastion locations in the third regional yield trials 1989.

Line	Plant			Tuber				
	Height	weight	Tiller	Number	Length	Diameter	Fr. wt.	Yield
	(cm)	(g/pl)	(no/pl)	(no/pl)	(cm)	(cm)	(g/pl)	(t/ha)
				Taichung area				
Coconut-Lisbon	440.2ª	1086.3ª	4.1ª	3.01ª	13.15ᵇ	9.68ª	843.8ª	27.85ª
Brazilien yam	425.3ª	1040.2ª	2.9ᵇ	2.50ᵇ	12.78ᵇ	10.15ª	831.2ª	27.43ª
Chiayi local yam	460.7ª	1150.4ª	3.5ᵇ	3.25ª	22.25ª	7.70ª	490.4ᵇ	16.19ᵇ
Taitung local yam	456.5ª	1088.5ª	5.2ª	4.25ª	11.40ᵇ	8.83ª	758.1ª	25.02ª
Average	445.7	991.4	3.9	3.25	14.90	9.09	730.9	24.12
				Chiayi area				
Coconut-Lisbon	420.5ª	842.7ª	3.5ª	2.50ª	10.88ᶜ	6.58ª	638.3ª	21.06ª
Brazilien yam	450.1ª	828.3ª	3.2ᵇ	2.75ª	10.63ᶜ	7.40ª	603.0ª	19.90ª
Chiayi local yam	416.7ª	990.3ª	4.1ª	2.25ª	19.25ª	4.33ᶜ	637.8ª	21.05ª
Taitung local yam	440.3ª	890.4ª	4.3ª	2.01ª	14.03ᵇ	5.38ᵇ	458.3ᵇ	15.12ᵇ
Average	431.9	887.9	3.8	2.38	13.70	5.92	584.4	19.28
				Puli area				
Coconut-Lisbon	381.6ª	1053.9ª	3.3ª	3.75ª	15.25ᵇ	8.50ª	883.3ª	19.43ª
Brazilien yam	390.3ª	1038.4ª	2.7ª	2.01ᵇ	10.30ᶜ	6.63ᵇ	613.8ª	13.50ᵇ
Chiayi local yam	360.8ª	915.1ª	3.1ª	3.25ª	28.45ª	4.83ᶜ	866.0ª	19.05ª
Taitung local yam	348.2ª	993.3ª	4.1ª	2.50ª	15.55ᵇ	5.55ᵇ	552.5ᵇ	12.16ᵇ
Average	370.2	775.2	3.3	2.88	17.39	6.38	728.9	16.04

* Means followed by the same letter within the column at each location are not significatly different at 5 % level by LSD test.

第四次區域試驗於79年在臺中、嘉義及埔里三試區進行，參試品系爲巴西系、臺東地方種、農試品保四號（70W-04）及千里達品系。農試品保四號之產量及品質在以往之試驗表現亦佳。

比較四個品系在三處試區之塊莖性狀及產量，千里達品系之單株塊莖個數、單株塊莖經濟粒數（>200g）及粒重之表現均佳。在塊莖形態方面，由其長度與寬度得知較接近橢圓形。臺中地區以千里達品系之產量（35.71t/ha）最高，其次爲農試品保四號（31.07t/ha）；這兩個品系在嘉義地區都具有23t/ha 之生產能力，且顯著較其他品系爲高；在較高海拔（670m）之埔里地區，四品系之產量下降幅度甚大，千里達品系只有13.08t/ha，農試品保四號雖略高，但亦僅爲15.55t/ha。臺東地方種因成活率甚低（6.7%），產量只有1.49t/ha。四品系在三處地區之平均產量以千里品系最高，達24.02t/ha，依次較巴西品系、臺東地方種及農試品保四號高22%、109%及3%（表8）

表8. 第四次區域試驗山藥品系之塊莖性狀及產量比較（民國79年）

Table. 8. Comparison on the tuber characteristics and tuber yield of four yam lines cultivated at three experimental locations in the first regional yield trials 1990.

Line	Tuber	Eco.	tuber***	Tuber shape				Yield	Survival**
				Length	Width	Thick	L/W**		
	(no/pl)	(no/pl)	(kg/pl)	(cm)	(cm)	(cm)		(t/ha)	(%)
Taichung area									
Coconut-Lisbon	3.2a*	2.1a	0.95a	16.2b	7.4b	5.6b	2.19	35.71a	100.0a
Brazilien yam	2.6a	1.9a	0.87a	13.2b	7.3b	7.1a	1.81	27.34b	100.0a
Taitung local yam	2.0b	1.6b	0.85a	17.6b	9.1a	7.3a	1.94	21.65b	67.3b
70 W-04	2.4a	1.7b	0.85a	24.8a	6.4b	5.4b	3.88	31.07a	100.0a
Average	2.6	1.8	0.88	17.9	7.6	6.4	2.46	28.94	91.8
Chiayi area									
Coconut-Lisbon	2.6a	1.9a	0.90a	12.8b	8.1a	7.9a	1.58	23.26a	95.5a
Brazilien yam	1.5b	1.5a	0.84a	12.7b	8.4a	8.2a	1.52	19.74b	91.1a
Taitung local yam	1.8b	1.7a	1.14a	21.1a	9.2a	8.7a	2.30	11.47b	40.1b
70 W-04	1.8b	1.8a	1.03a	25.2a	8.3a	6.1a	3.04	23.59a	88.9a
Average	1.9	1.7	0.98	17.9	8.5	7.7	2.11	19.52	78.9
Puli area									
Coconut-Lisbon	2.3a	1.2a	0.49b	11.9b	8.7a	6.4a	1.37	13.08a	100.0a
Brazilien yam	3.1a	1.0a	0.35b	11.3b	7.0a	6.4a	1.62	12.25a	100.0a
Taitung local yam	2.0b	1.5a	0.61a	16.3b	9.8a	6.0a	1.67	1.49b	6.7b
70 W-04	1.5b	1.3a	0.76a	30.6a	8.8a	6.1a	3.48	15.55a	86.7a
Average	2.2	1.3	0.55	17.5	8.6	6.2	2.04	10.59	73.4

* Means followed by the same letter within the column at each location are not significatly different at 5% level by LSD test.

** Surviual %=actual plant number/total plant number grown.

*** Economic tuber:tuber weight>200g.

B.栽培試驗、成分分析及加工利用：

(一)肥料種類及用量試驗：

五種氮肥用量處理中，千里達品系產量以90N kg/ha 處理最高，其小區產量爲25.71kg（合21.42 t/ha），其次爲60N kg/ha 處理，其產量爲19.54 t/ha。臺東地方種山藥對於氮肥用量之反應與千里達山藥相似，最高產量亦爲 90N kg/ha 處理，其次爲60及 120N kg/ha 兩處理。五種鉀肥用量處理中，千里達品系產量亦以60與90 K_2O kg/ha 處理最優，分別爲22.35及22.54t/ha，二處理間之差異不明顯。臺東地方種山藥對於鉀肥處理之反應略同於千里達山藥，最佳產量亦出現在60及90 K_2O kg/ha 處理（表9）。

表9. 氮肥與鉀肥用量對千里達品系塊莖產量之影響

Table. 9. Tuber yield of yam variety Coconut/Lisbon as affected by N and K fertilizer application.

Amount of fertilizer			Coconut-Lisbon		Taitung local yam	
N	P_2O_5	K_2O	Plot yield	Yield	Plot yield	Yield
	(kg/ha)		(kg/12m²)	(t/ha)	(kg/12m²)	(t/ha)
0	60	120	15.12[b]*	12.60[d]	10.02[d]	8.34[d]
30	60	120	21.90[c]	18.25[c]	16.80[c]	14.01[c]
60	60	120	23.46[b]	19.54[b]	19.89[b]	16.57[b]
90	60	120	25.71[a]	21.42[a]	21.15[a]	17.63[a]
120	60	120	21.33[c]	17.78[c]	19.68[b]	16.39[b]
90	60	0	17.79[c]	14.82[c]	12.48[b]	10.40[c]
90	60	60	26.82[a]	22.35[a]	20.34[a]	16.96[a]
90	60	90	27.05[a]	22.54[a]	21.17[a]	17.64[a]
90	60	120	22.05[b]	18.37[b]	16.38[b]	13.64[b]
90	60	180	18.42[c]	15.35[c]	12.99[c]	10.83[c]

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

綜觀上述結果可知，栽培千里達品系之化學肥料推薦用量以 N：P_2O_5：K_2O＝90：60：60—90 kg/ha 較宜，似無施用重氮肥之必要；惟實際施用時仍應參考栽培地區之土壤分析結果。

此外，由有機肥料試驗之結果可知[(1)]，就同一山藥品系對有機肥料處理之效應而言，農試品保4號施用牛糞肥處理之產量最高，其他品系於處理間之差異均不顯著；唯施用有機肥時，千里達品系之產量亦有較高趨勢。此外，有機肥料處理對三種山藥品系單株塊莖經濟產量（單粒塊莖鮮重＞200g）也具有影響，以牛糞肥區每株0.84k 之產量最高，其次爲甘雨特肥區之0.83kg，兩者都明顯比化學肥料區每株0.72kg之產量爲高。

化學肥料與有機肥料之配合施用應有助於提升山藥之產量。

(二)行株距試驗：

於74年在本所進行行株距試驗，行距分爲80、100及120cm三種（株距固定爲30cm），株距分爲20及30cm 二種（行距固定爲100cm）。行距增大時，千里達品系每株塊莖數與塊莖重及塊莖平均長度與寬度都有增加之現象；但公頃產量則以100cm 行距處理顯著裝潢高，達25.02t/ha。比較不同株距處理之效應，則較窄株距（20cm）較不利於塊莖之生長與發育，尤其是每株塊莖之重量及公頃產量皆明顯低於30cm 株距處理（表10）。綜合上述試驗結果可知，栽植千里達品系時之行株距以100×30cm 較爲適當。

表10. 不同行株距對千里達山藥塊莖性狀及產量之影響

Table. 10. Effects of plant spacing on the tuber characters and yield of yam Coconut-Lisbon.

Plant spacing	Tuber				Yield
	Number	Weight	Length	Width	
(cm)	(no/pl)	(g/pl)	(cm)	(cm)	(t/ha)
		Space between rows			
80	2.1[b]	475.4[c]	9.1[a]	7.3[a]	23.77[b]
100	2.2[b]	625.4[b]	9.5[a]	7.6[a]	25.02[a]
120	2.9[a]	727.3[a]	10.1[a]	8.0[a]	24.24[b]
		Space between plants			
20	2.3[a]	436.7[b]	9.5[a]	7.4[a]	21.84[b]
30	2.4[a]	692.2[a]	9.6[a]	7.9[a]	23.07[a]

* Means followed by the same letter within the column of each treatment are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

㈢植期試驗：

由76年三個種植期試驗結果得知，晚植（六月）雖可增加塊莖粒數，但塊莖平均長度及寬度則呈顯著降低趨勢；在公頃產量方面，四、五及六月種植者分別爲23.10、19.25及17.50t/ha，以早植最高，差異顯著。

由77年五個種植期試驗結果得知，除每株塊莖數目外，四月份種植處理之塊莖長度及寬度最高，產量達26.17t/ha，與三月份種植結果無差異，但較其他植期顯著爲優（表11）。

表11. 不同種植期對千里達山藥塊莖產量之影響（臺中）

Table. 11. Effects of planting date on the tuber yield of yam Coconut-Lisbon at Taichung area.

Planting date		Tuber numer	Tuber length	Tuber width	Plot yield	Tuber yield
(Month)	(day)	(no/pl)	(cm)	(cm)	(kg/12m²)	(t/ha)
			1987			
4	20	2.8b*	16.0a	9.3a	27.7a	23.10a
5	20	2.8b	9.2b	6.8b	23.1b	19.25b
6	20	3.1a	7.3c	5.6c	21.0b	17.50c
			1988			
2	20	2.0b	16.1a	8.4c	22.2c	18.51c
3	20	3.0a	12.0b	8.9b	29.6a	24.67a
4	20	2.3b	18.6a	10.2a	31.4a	26.17a
5	20	3.1a	13.3b	9.2b	25.8b	21.50b
5	20	3.0a	12.5b	9.2b	19.4c	16.17c

* Means followed by the same letter within each column of each year are not significantly different at 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

綜合兩年試驗結果可知，千里達品系之種植期應以四月較宜。

㈣成分分析[10]、加工品質測定[10]及健康食品試製：

民國77年於本所及臺大進行塊莖結構、一般成分及胺基酸含量分析。塊莖之皮部以臺東地方種較厚，千里達品系最薄；塊莖肉部重量以千里達及巴西品系最優。在塊莖乾肉產量方面，以千里達品系之5.2t/ha最高，其次爲嘉義地方種及臺東地方種，巴西品系之3.17t/ha最低。

山藥塊莖肉部之乾物率以嘉義地方種最高，達26.5%，千里達品系爲19.67%；在粗蛋白質含量方面，以千里達品系之1.69%及嘉義地方種之1.68%較優；粗脂肪含量以嘉義地方種及千里達品系較高；粗纖維含量以千里達品系及臺東地方種較低；灰分含量則除臺東地方種最低外，其餘品系間無差異，均爲0.11%；千里達品系之可溶性無氮物含量爲17.71%，雖低於嘉義地方種，但高於巴西品系及臺東地方種。

利用胺基酸分析儀測定千里達品系塊莖胺基酸組成，在所測定之18個胺基酸中，佔較大部分的是 glutamine 及 asparagine，最少的是 cysteine，上述三種胺基酸之含量（n mol/100mg）依次爲41.77、38.92及1.96而18種胺基酸總含量達365.2n mol/100mg。在必需胺基酸方面，千里達品系具有全部人體不能製造之胺基酸，其中以 leucine、valine、threonine 及 lysine 之含量較高。

山藥自田間採收至加工外銷之流程如下：田間採收—去土—洗淨—削皮—浸水—殺菁—切角—排盤—熱風乾燥—成品。於削皮後山藥塊莖肉色能否長久保持純白色，爲最重要的外銷品質之一。依據去皮山藥新鮮塊莖肉色變化資料，在削皮後6小時內之顏色變化不大，但經過24小時後，四種山藥塊莖肉色之明暗度（L值）明顯增加；此外，除臺東地方種較不轉呈紅色外，四種參試山藥塊莖肉色都明顯有變紅及變黃的現象。故山藥之加工利用應於削皮後6小時內進行。

千里達爲目前外銷山藥唯一優良品系，其理由除產量穩定優異外，品質與營養價值甚佳亦爲重要原因之一。經切角（體積約0.5㎤）及熱風乾燥7小時後，其水分約佔8.7%，粗蛋白質含量爲8.6%，較重要的礦物元素如氮及鉀素之濃度分別爲1.37%及1.81%，此外亦含有鈣（0.38%）、鎂（0.11%）及鋅（0.01%）。

粘度亦爲決定山藥重要品質之一，四種山藥塊莖肉質部在48小時內之粘度變化頗爲穩定，千里達品系之平均粘度（163.2 centipoise）高居首位，巴西品系次之（159.3），而嘉義及臺東兩地方種平均粘度只約爲千里達品系之15.2%及26.2%，千里達品系之塊莖黏度已達外銷之要求標準。

山藥塊莖的營養成分甚爲豐富，據中藥大辭典等文獻資料及本文指出，含粘液質（mucin），尿囊素（allantoin），膽鹼（choline），甚多的必需氨基酸、蛋白質、脂肪、澱粉、維生素 A、B1、B2、C及鈣、磷、鐵、碘質等。特殊的山藥品種如 D. colettii 尚含有 diosgenin 及類似類固醇皂元結構，爲合成重要醫療用類固醇（Medicinal steroids）的原料。山藥之擔根體（塊莖）很早即供藥用，神農本草經列爲上品，其性平味甘，能健脾胃、補肺腎、主治泄瀉久痢、消渴、虛勞、咳嗽、遺精、帶下、小便頻仍等(2)，民間用爲滋養強壯藥，另具有祛痰功效，坊間之四神湯中即有山藥。此外，山藥之零餘子效用不低於其擔根體(3)，據『本草拾遺』謂：零餘子、味甘溫、無毒，主補虛、強腰脚、益腎、食之不饑，功用強於薯蕷。

利用山藥塊莖進行健康食品之試製及外銷，在塊莖粉末、塊莖切角、罐裝食品、八寶粥及火鍋材料等方面都有開發及生產之潛力。與本所正合作進行加工利用研究之單位有國立嘉義農專及愛之味食品公司。

㈤塊莖貯藏試驗：

於室溫（20±8°C，RH80～90%）下貯藏之千里達塊莖於第4～9週開始萌芽，至11週全部萌芽；貯藏至第12週開始發根；12週以前每週失重率爲0.4—0.5%，12週至14週長根後每週失重率增加至2—3%；貯藏至第13週全部萌芽芽條平均長度達15cm以上，已不適合繼續貯藏，至貯藏結束（13週）之腐爛率爲1.7%。

於定溫箱中以17±1.5°C及 RH 60—70%貯藏，塊莖在第8—9週開始萌芽，至16週萌芽率達80%，至第26週均未發根，每週失重率平均爲0.4—0.5%；萌芽芽點長度均在0.5cm以下，芽數平均爲2個，外觀良好，但至26週每薯芽點數目平均高達20個，已無貯藏價值。在壞疽率方面，至14週爲8.3%，26週爲10%。

又於定溫箱中以14±1.5°C及 RH 60—70%貯藏，塊莖於15—16週開始萌芽，至23週之萌芽率爲50%，之後不再萌芽；至32週試驗結束時均未發根，塊莖每週失重率爲1%；初期萌芽率爲長度均在0.2cm以下，芽點隨後乾萎。由於外觀良好，可繼續貯藏至32週以上。在壞疽率方面，第14週以前無腐爛，26週時壞疽率平均爲3.5%，32週之腐爛率達30%。

綜合上述試驗結果可知，千里達品系塊莖在17±1.5°C及14±1.5°C之貯藏時間可達26週或32週以上，此與美國農部以16°C貯藏6—7月之建議資料相當符合。

㈥試驗地區土壤及氣象因子調查：

民國77年於臺中、嘉義、鳳山及埔里四個試區調查土壤特性及氣象因子對千里達山藥新品系

之影響。四個試區之土壤質地都屬壤土（L），其 pH 值以埔里之4.5及臺中之5.1較偏酸性，就有效 P 及有效 K 含量而言，都以嘉義地區較高，臺中及鳳山居次，而以埔里最低，惟後者之有機質含量則最高。塊莖平均產量方面以臺中之18.7t/ha 最高，而以鳳山地區之12.93t/ha 最低（表12）。

表12. 不同栽培地區土壤分析結果與千里達品系之塊莖產量

Table. 12. Soil analysis and average tuber yield of Coconut-Lisbon cultivatek at different regions.

Soil source	pH	Soil texture	Sand	Clay	Silt	Organic matter	Effective P	Effective K	Tuber yield
			(%)	(%)	(%)	(%)	(P_2O_5 kg/ha)	(K_2O kg/ha)	(t/ha)
Taichung	5.1	L	40.9	14.0	45.0	1.87	123.2	307.3	18.70[a]*
Chiayi	6.8	L	52.9	9.0	38.0	2.13	256.9	394.6	17.00[b]
Fengshan	6.8	L	40.9	13.0	46.0	1.14	133.8	162.7	12.93[c]
Puli	4.5	L	40.9	15.0	44.0	2.78	99.9	69.3	16.04[b]

* Means followed by the same letter within the column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

經計算臺中與嘉義兩區之環境離差依次為2.53及0.83，兩者同為正值，表示較適宜栽培山藥新品系，惟就有利程度而言，則以臺中較佳；鳳山與埔里兩區之環境離差皆為負值，表示較不利於種植山藥，且以鳳山最差（表13）。

表13. 環境對不同地區山藥產量之影響程度

Table. 13. Environmental effect on yield of yam cultivated at four locations.

Location	Environmental Effect	
	Yield (t/ha)	Deviation
Taichung	18.70[a]	2.53
Chiayi	17.00[b]	0.83
Fengshan	12.93[c]	−3.24
Puli	16.04[b]	−0.13

* Means followed by the same letter within the column are not significantly different at 5% level by LSD test.

臺中及嘉義二區較適合種植山，藥之可能原因，除具備較佳之土壤條件外，在氣象因子方面如溫度、雨量及日照數等亦有關係[11]。由於山藥種薯發芽之適溫約為17—18°C，莖蔓與葉之生長適溫約為25—26°C，塊莖形成與發育之適溫約為22—23°C。以民國77年為例，臺中及嘉義二區四月之平均溫度為21.5及21.2°C，比鳳山之23.9°C似較適宜山藥種薯之發芽及發根，此二地區於5—8月之平均溫度各為27.9及27.7°C，比鳳山之28.7°C為低，似較適宜山藥莖蔓及葉之營養生長，而在9—12月山藥新塊莖之形成及充實時期，臺中及嘉義二區之平均溫度各為22.6及21.3°C，較鳳山之24.3°C適宜新薯塊之發育。在降雨量方面，於5—8月莖葉伸長繁茂時期，臺中、嘉義及鳳山三區之平均雨量各為144.3、329.9及322.8mm，應屬適宜，而於9月新塊莖形成時期，鳳山雨

量高達464.8mm，且其9—12月之平均雨量依次各爲臺中及嘉義之2.3及2.6倍，在溫度較高及水份較多兩因素影響下，似較不利新薯塊之生長及充實；在平均日照時數方面，則三區之日照時數差異程度不大。

C.病蟲害調查與防治：

一般而言，山藥根很少發生嚴重病蟲害，惟若氮肥施用過多且排水不良時較易引發炭疽病；而在蟲害方面，則以蚜蟲、甲蟲、根瘤線蟲、蟻象、夜盜蟲類、螻蛄、小菜蛾及紅蜘蛛爲主，但不致構成大害。

爲害山藥最大之炭疽病（Anthracnose of yam）之初步調查、研究與防治結果如下：

1. 病害概述：

(1)普通名：炭疽病（Anthracnose）

(2)寄　主：千里達品系（*Dioscorea alata* L.）

(3)地理分布：全省各產區。

(4)經濟重要性：本病爲千里達品系最重要的病害，發病率可達100%，植株愈早罹病對產量影響愈大。早期罹病者，全株將枯萎死亡，無法收成。

(5)病癥：

蔓：蔓罹病時，於表面形成不規則形之黑竭色斑點，並延蔓之縱軸方向擴大，如頂梢受害，則使其生長停頓，致全株呈焦枯狀，最後導致植株死亡。

葉：葉面罹病時，初呈圓形或不規則形之褐色病斑，並隨葉片之生長而日漸擴大。典型之病斑爲黑褐色，中央呈灰白色，有些病斑周緣有黃色暈環。

2. 病原菌：

A.學名：*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.

B.形態：本菌之分生胞子（conidia）產於胞子盤（acervulus）上，胞子盤生有剛毛（setae），分生胞子短桿狀，兩端呈鈍圓形，本菌未發現有性世代之子囊胞子。

3. 病害情形：

本病於每年四月間山藥開始萌芽後即可能發生，之後其發病率將隨植株之生長而增加，而於年底採收前達最高峰。以調查南投縣埔里鎮大坪頂所種千里達品系炭疽病之發生情形爲例，其罹病株率達45%，罹病葉片數約佔總調查葉片數37%；在臺中及嘉義二區之罹病率較少，概在20%以下。

4. 防治藥劑之篩選：

由室內藥劑篩選試驗得知，四氯保淨（70% WP Minorix）500倍，晴硫醌（70% WP Dithianon）2,500倍，及四氯異苯晴（75% WP Chlorothalonil）600倍等三種藥劑對千里達品系炭疽病菌分生胞子具良好的殺菌效果。

D.新品種主要特性調查：

(一)新品種主要農藝性狀調查：

山藥臺農1號於四月種植，12月底採收。株高於10月可伸長達6m，由10月到12月則只有系許增高現象。全株重於全生育期呈現上升現象，而由於地下塊莖之充實，於12月時比10月增重達50%。地上部莖蔓及葉重亦於10月達到高峰，每株重達約520g，但其後由於溫度下降莖葉漸趨枯萎掉落而逐漸下降。莖徑於全生育期變化不大，介於0.35—0.81cm 間。葉數於10月時爲321枚，但到12月時只剩96葉。地下塊莖及根重於10—12月時急劇上升，重達約880g 。根長於整個生育期維持在24.4—30.8cm 間。舊塊莖於提供植株初期生長所需之營養後即逐漸萎縮。新塊莖自9月開始形成及逐漸整形膨大及充實，於12月之重量850g左右約爲9月之二百餘倍。

種薯萌芽特性比較：

比較千里達品系、巴西品系及臺東地方種三品系種薯之萌芽特性可知，巴西品系初期萌芽率最高，惟中期（12天）則反以千里達品系居先，15天後千里達與巴西二品系均達100%，而臺東地方種則只有22%（表14）。

表14. 山藥種薯萌芽率之比較

Table. 14. Comparison on the tuber germination rate (%) of three yam lines.

Line	DAC*		
	7	12	15
Coconut-Lisbon	2.8[b]**	94.4[a]	100.0[a]
Brazilien yam	5.6[a]	77.8[b]	100.0[a]
Taitung local yam	0.0[c]	11.1[c]	22.2[b]

* Days after cultivation.

**Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

㈢植株形態特徵：

山藥臺農1號（*D. alata* L. cv. Tainung No. 1）爲多年生蔓性草本，其擔根體（即塊莖）肉質，竭皮白肉，大抵爲近圓形或橢圓形。莖及葉柄有稜翼或四稜線，平滑無毛。葉對生但初生時爲互生，葉片基部心狀，全葉似長卵形，裂片近圓形，葉長8—16cm ，寬5—8cm 先端漸尖形，葉脈7—9條。葉腋偶有零餘子。一年生植株未見開花現象。分布於我國華中、華南，及臺灣，本省中南部海拔800m以下有栽培。

㈣新品種之優點與缺點：

新品種之優點如下：

⑴繁殖容易且適應力高：山藥臺農1號可利用較小粒且無販賣價值的擔根體，或利用60—80g 之薯塊進行無性繁殖。其植株能適應全省800m 以下之生長環境，在較不利地區或適合地區之表現大致上皆相當穩定。

⑵產量高且品質優良：由四次區域試驗之結果可知，山藥臺農1號之平均公頃產量達22.03t/ha，變域在11.21至35.71t/ha 之間，其產量超出其他對照品系不少，約爲巴西品系、嘉義地方種及臺東地方種之1.15、1.51及1.23倍。在一般營養品質及加工品質方面，本試驗報告亦證實山藥臺農1號之品質相當優異。

⑶適合多方面利用之需要：山藥臺農1號塊莖除供藥用外，尙可供作優良食用及加工用，用途甚廣。由本所開發之塊莖貯藏技術，利用17±1.5°C涼溫貯藏，可達26週以上，如此更能加大此新品種之利用空間。已開發或正在開發中之加工產品，除供外銷外，將積極開拓內銷市場，以增加農民之收益。

在缺點方面，炭疽病之危害將可能限制山藥臺農1號之產量表現，宜儘速開發防治炭疽病之田間使用藥劑種類及用量；此外，最近發現塊莖上有紅蜘蛛之存在，亦宜及早注意施行防治措施。

E.命名登記：

民國80年11月29日由農林廳依據『臺灣省農業用動植物及微生物新品種登記命名辦法』組織審查小組，審查千里達品系之全部試驗結果，同時通過命名爲山藥臺農1號，歸類爲田薯山藥類。

圖1. 山藥臺農 1 號之葉色濃綠，地上部生長旺盛

圖2. 山藥臺農 1 號（原爲千里達品系）之塊莖產量高而穩定，且品質優異。

F.新品種栽培管理應注意事項：

(一)了解生長特性：新品種要求溫暖氣候，其薯塊於溫度降至12°C時，將因寒害有腐爛現象發生[5,7,16]。2—4月間溫度逐漸上升時種薯即發芽出土，其，發芽適溫約爲17—18°C左右，最初由母根供應養份，隨著莖葉之生長即自行光合作用，而於6—8月間地上部莖葉之生長漸達高峰，所蓄積之養份隨即開始轉移並貯藏於新擔根體上，到9—10月間擔根體之生長甚爲快速。莖蔓生長之適溫約爲25—26°C，新薯塊發育之適溫則爲22—23°C[7]，故於11—12月間溫度逐漸下降時，塊莖之生長將達到最高峰。就山藥整個生長期而言，溫度太高或乾旱太久，將不利其發育成長。就雨量而言，在600mm至3,000mm之降雨量均可栽植新品種，雨量之多少與其全株莖葉重有正比關係，雨量與塊莖重亦成正比。就日長而言，山藥對日長之感應類似於potato，日長超過12小時將有利於莖蔓及葉之生長，短日環境（12小時以下）則對塊莖之形成與生長較爲有利[17]。由於山藥是深根植物，栽培場所之土壤宜疏鬆、深厚且排水良好，一般以砂質壤土較佳。土壤 PH 值則以近中性較宜。此外，山藥忌連作，否則將導致土壤中養分不平衡、病蟲爲害、及藤苗早枯等現象，將嚴重影響山藥之品質與產量，所以山藥之生產宜與甘藷、芋頭、麥類、豆類、瓜類及茄科等作物輪栽[5,7]。

(二)種薯準備與催芽：新品種通常用60—80g 左右的薯塊進行無性繁殖。由薯形良好且無病蟲爲害之擔根體切取薯塊時，每切塊須帶有皮層，才能發生不定芽，切面且須塗上草木灰以促進切面木栓化及防範病菌感染遭致腐爛，切塊後之種薯經日晒數小時，亦可減少腐爛。種薯催芽後再種植，將使發芽較快且較整齊。簡單之催芽法爲種薯埋在濕砂裏，堆積2—3層，外用透明塑膠布覆蓋，即可促進發芽，待芽長至2—3cm時，即可栽植。

(三)整地作畦及種植：山藥的整地作畦方式和甘藷相似，爲期擔根體充分發育起見，土壤宜深耕、細碎、並作高畦，栽培區之灌排水系統應求完善。由於山藥生長頗爲快速。作畦後先於畦中間開一深溝，施下基肥後稍加覆土，種植時按株距於畦頂掘穴栽種，每穴放一薯塊，皮層面向上，種後覆土約3—5cm，並適量澆或灌水。

(四)中耕除草及施肥培土：山藥莖蔓於初期三個月內生長迅速，在蔓莖尚未舖地前應進行中耕除草及施肥培土。山藥宜多施緩效性有機肥料如堆旣肥或雞糞，其用量0.1ha各爲500或250公斤，另應加施化學肥料。化學肥料可依每公頃 N：P_2O_5：K_2O＝90：60：90kg，即硫酸銨430kg，過磷酸鈣330kg及氯化鉀150kg施用。有機肥料、1/3量硫酸銨及全量之過磷酸鈣及氯化鉀可一次當基肥施用，第一次及第二次之硫酸銨追肥施於山藥發芽後1及3個月，之後隨即培土及灌水。以支架栽培時可增加日光照射面積，促進光合作用，減少病蟲害發生及增加塊莖產量[6,14]，只是較爲費工及增加生產成本，種植新品種時以不用支架較宜。

(五)病蟲害防治：新品種較易引發炭疽病，其病徵爲葉片或新芽發生褐色凹陷病斑，中央變成灰白色，而後各病斑逐漸連合黑變而枯死，此病可延及莖蔓以至全株。發病初期或莖蔓生長旺盛時可施用 Mionorix 等藥劑防治，每週噴施一次，連續3—4次。蟲害中以蚜蟲、甲蟲、根瘤線蟲、蟻象、夜盜蟲類、螻蛄及小菜蛾等爲主，但並不構成大害。

(六)收穫貯藏：於11月進入低溫乾燥時期，新品種地上部莖葉逐漸枯黃掉落，此時期塊狀擔根體之肥大充實將近完成，12月到翌年1月間莖蔓完全枯萎，擔根體進入休眠狀態[16]，即可隨時採收。採收前可灌水一次，待土壤半乾半濕時收穫將較爲省力，採收時先割除蔓葉，再沿行距用牛犁或機犁開深度約40—50cm的溝，再用鋤頭鬆土掘出。採收後可依薯形大小分別利用或貯藏，貯藏時宜置於陰涼通風乾燥處以防腐壞，貯放地點之溫度不宜低於14°C，且相對濕度不宜太高，相對濕度高於80%時，塊莖即易發芽。

(七)加工調製：將採收之山藥切去蘆頭後，洗淨泥沙，即可鮮食及烹調食用，或烘乾以便磨成粉或製

成其他加工產品，供藥用時，可用竹刀削去外皮及鬚根，再風乾或曬乾，即成毛山藥。或在去皮前先以清水泡一日再去皮，之後以硫磺燻後烘乾或曬乾者亦稱毛山藥。選擇肥大較直的毛山藥，用清水泡勻後反覆涼曬，於投入缸中發酵後，再削去外皮及殘存鬚根，並用木板滾挫到圓勻挺直，當陰乾後將兩頭切齊，再用硫黃薰後曬乾打光即成光山藥。除去之頭尾部分可切成薄片（飲片）銷售。成品由於易生蟲蛀，宜貯於乾燥處。

結　論

D. alata L. 爲重要的國際性作物之一[18]，山藥臺農1號屬於 *D. alata* 之優良栽培品種，雖然生育期較長（約八個月），且勞力支出很多，但因其極適合在本省生長，栽培簡單，病蟲害較少，收量頗豐，且塊莖內的營養成分極爲豐富，含有豐富的必需胺期酸、蛋白質與澱粉，此外亦含粘液質、尿囊素、膽鹼、脂防、維生素 B_1、B_2 與 C，以及 Ca、P、Fe 及 I 等礦物元素，在藥用、食用及加工利用之價值不容忽視。

對於山藥的育種、生產與利用仍有下列幾項工作值得加強研究發展：在山藥新品種篩選方面，宜繼續選育豐產、質優或早熟品系。在省工栽培方面，宜速謀控制雜草之對策，並探討利用機械整地、種植及採收的可行性。在雜草控制方面，似宜於萌芽前噴施殺草劑作先期防治，進而以較密植的方式及施用適當之肥料種類與用量，促使山藥莖蔓生長，使迅速覆蓋畦面，以達到防除雜草及增產的目的[13]。在繁殖方面，宜試行莖蔓扦插[12]，及組織培養等繁殖之可行性，以與種薯及零餘子之繁殖方式比較，並評估其效益。在病蟲害方面，宜注意炭疽病之防治；此外，最近發現在塊莖上有紅蜘蛛之存在，亦宜及早注意施行防治措施。在加工利用方面，應開發多方面加工成品，並拓展內外銷，因加工製品較易貯放，材料之需要量較大，且附加價值較高，如此將更能提高農民收益。

誌　謝

本試驗承蒙行政院農業委員會補助部分經費（計畫編號：79食品會報8—7及80食品會報4—3），試驗進行期間承蒙本所陳盛彰先生及本所嘉義分所前所長李良先生與嚴新富、賴永昌及廖嘉信三位先生，以及本所鳳山分所曾紹均先生與臺糖埔里副產廠蔡課長等之全力幫助，作者謹致衷心謝意。

參考文獻

1. 王昭月、賴永昌、譚增偉、劉新裕。1992。山藥之生產促進及省工栽培研究。中華農業研究　41：43—52。
2. 行政院衛生署中藥典範編輯委員。1985。山藥。中華民國中藥典範第一輯第二册（正文）。pp.577—579。
3. 那琦、甘偉松、楊榮季。1978。臺灣產藥材之生藥學研究（IV）臺灣產零餘子之生藥學研究。中國醫藥學院研究年報　9：330—375。
4. 林俊清。1986。山藥。新編生藥學（第I集）。高雄醫學院出版。高雄市。pp.116—123。
5. 郁宗雄、陳嘆。1975。山藥新品種。豐年　25：16—17。
6. 徐原田。1981。不同支架型式對山藥產量及品質之影響。中華農業研究　30：357—361。
7. 張進益、1988。山藥。經濟植物第一集。豐年社出版。pp.44—49。
8. 張淑賢。1981。本省現行植物分析法。作物需肥診斷技術。農林廳出版。南投縣。pp.53—59。
9. 劉棠瑞、黃增泉。1978。Dioscoreaceae 薯蕷科。Flora of Taiwan 。pp. 100—109。
10. 劉新裕。1989。千里達山藥之生產能力與品質分析研究。中華農業研究　38：312—325。
11. 劉新裕、呂秀英、王昭月、賴永昌。1990。環境因子對山藥生長與產量之影響。中華農業研究　39：287—296。
12. Lyonga, S.N. and J.A.Ayuk-Takem. 1982.Investigations on selection and production of edible yams (Dioscorea spp) in the western highlands of the United Republic of Cameroon. Yams, Clarendon press, Oxford. pp.167—172。
13. Onwreme, I. C. 1978. Origin, classification, and growth cycle of the yam plant. The Tropical Tuber

Crops. New York. pp. 3—16。

14. Oyolu, C. 1982. Inherent constraints to high productiyity and low production cost in yam (Dioscorea spp) with special reference to Dioscorea rotundata Poir. Yans, Clarendon press, Oxford. pp. 147—160
15. Passam, H. C. 1982. Dormancy of yams in relation to storage. Yams, Clarendon press, Oxford. pp. 285—293。
16. Tindall, H. D. 1983. Dioscoreacea. Vegetable in the Tropics. London. pp. 201—224。
17. Wilson,J.E.1982. Recent developments in the propagation of yam (Dioscorea spp). Yams, Clarendon press Oxford. pp. 55—59。
18. Yamaguchi, M. 1983. Yam. World Vegetable. U. S. A. pp. 139—147。

The Development and Adaptability of Dioscorea alata L. cv.Tainung No. 1[1]

S. Y. Liu, J. Y. Wang, Y. T. Shyu and C.H. Duan[2]

Summary

The new yan (Dioscorea alata L.) cultivar Tainung No. 1 was originated from the line Coconut-Lisbon introduced from Trinidad in 1967. After a series of acclimatization, observatory, preliminary, advanced and regional yield trials, the new cultivar was registered and released for commercial production in 1991 due toits superiop performances such as easy propagation, high and stable yield, high quality and wide adaptability.

Tainung No. 1 yam is a perennial herb with running growth habit, with vine length abouh 6 m after 6 to 8 months of cultivation. Experimental results from four regional yield trials indicated that the mean tuber yield of this variety could reach 22 t/ha. Its tuber possesses some superior characteristics, e.g., thin skin, thick flesh with white color and high viscosity, and high contents of starch, protein, mineral elements, and all kinds of essential amino acids. It is recommended for table use, processing, and medicinal purposes. The storage life of the tuber could be extended up to 26 and 32 weeks when stored at 17 and 14 °C, respectively. Extension of storage life is beneficial to the utilization of this important economic crop.

Key words : Yam (Dioscorea alata L.), Breeding, Cultivar, Cultivation, Anthracnose, Quality, Processing.

---

1. Contribution No. 1617 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Senior agronomist, assistant, and assistant, Department of Agronomy, office of Plant Germplasm, Department of Agronomy and Plant Pathology, respectively, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, Republic of China.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(2)：159～168（1992）

不同山藥（*Dioscorea alate* L.）品系塊莖之貯藏研究[1]

王昭月　劉新裕[2]

摘要：利用網袋在14°C裏恒溫貯藏山藥之塊莖，山藥台農1號及巴西品系二種白肉山藥塊莖在第14～23週萌芽，明顯較17°C恒溫貯放者延後5～6週，其貯藏壽命雖可達34週，但塊莖肉部之腐爛率高達33%，損失頗大；紅肉山藥埔里地方品系（70R—01）貯放於14°C下雖不萌芽，但至27週即有寒害發生。於17°C恒溫貯藏時二種白肉山藥塊莖至25週時薯塊仍完整良好，70R—01於17°C下雖在11至18週期間萌芽，但萌芽率僅10%，且可繼續貯藏至26週。而室溫貯藏下三種山藥塊莖皆在第4～9週萌芽，至13週芽條長度在15cm以上，已失去經濟商品利用價值，貯藏壽命結束。故參試山藥三品（種）系較適宜之安全貯藏溫度應爲17°C（RH 60～70%）

貯藏期間塊莖之失重率以恒溫14°C或17°C較室溫貯藏爲小，其中17°C下山藥台農1號及巴西二品（種）系經25週貯藏之失重率分別爲26.6%及27.5%，而70R—01由於表皮較薄，失重率高達37.1%。

利用17°C環境及網袋貯存山藥塊莖，可顯著延後山藥塊莖之開始萌芽期及全部萌芽期，又可抑制萌芽數目及芽之繼續生長，確有延長貯藏壽命之效果。

於17°C貯存26週後，山藥台農1號塊莖之含水率及澱粉含量分別明顯下降達12.25%及4.07%巴西品系塊莖之含水率及粗蛋白含量則明顯高於山藥台農1號；此外，二種白肉山藥塊莖之粘度值於17°C貯放26週後均明顯較山藥台農1號之新鮮塊莖爲高，且塊莖肉質之純白度亦未稍減。

關鍵詞：山藥、癒傷、貯藏、溫度、容器、品質

山藥爲薯蕷科（*Dioscoreaceae*）薯蕷屬（*Dioscorea*）之蔓性多年生植物，主要分佈於熱帶地區，少數分佈於溫帶。依據1985年 FAO 統計資料可知，山藥全球年產量約爲26×10^6t，其中之95%產自非洲，尤其來自西非及奈及利亞兩地[18]。薯蕷屬植物目前最主要具有生產力的重要種源爲*D. rotundata*、*D. cayenensis*、*D. alata*（即 greater yam）、及*D. esculenta*（即 lesser yam，如刺薯類）等，多源於東南亞，是亞太及非洲地區的主要山藥栽培種類[21,24,25]其中 *D. alata* 更是新幾內亞（PNG）最爲重要的糧食作物。

薯蕷屬植物在世界分佈約有600種，一年生植株由種植到成熟須時6～10個月，依種類而異[21,22,26]。適合種植地區之年雨量爲1,000—3,000mm，且須無霜害。其中之*D. alata*在部分熱帶地區可在2,000m海拔以下種植[18]。全世界*D. alata*之平均產量介於10.5t至50t/ha之間，薯長可達3m，薯重可達60kg。

---

1. 台灣省農業試驗所　研究報告第 1618 號，本試驗承蒙行政院農業委員會補助經費（計畫編號：80食品會報4—3），謹致謝意。
2. 本所作物種原室助理研究員及農藝系研究員，台灣省　台中縣　霧峰鄉

山藥多以營養體繁殖，全世界年產量之20%仍留作種薯用[18]。塊莖採收後利用其自然休眠特性約可貯放3個月[18,23]，供貯藏之山藥塊莖不可有機械傷害，才耐貯放。休眠期間細胞呼吸作用下降[23]，貯於20°C以下且可延後發芽時間，但溫度低於13°C時會產生寒害（chilling injury）現象。於貯藏期間塊莖之失重率可達25—40%左右[18,20]。

山藥本性強健，耐熱、耐旱又耐瘠，生長容易，適應性廣[2,3,11]，分佈於本省雖有15種及4變種，但過去只有零星種植[12]，且由於未能慎選栽培品種及熟悉栽培與加工技術，因此產量不高且品質較差。近年來由於本所及其他相關單位之積極研究，無論在優良品種之篩選、栽培技術之改進[1-9,13-17]及加工技術之開發等方面，都已有長足進展。以本所初步之研究結果而言，已經篩選出具高產潛力之山藥品系至少10種以上，並已建立各種栽培技術及加工方法[14,15]，如施用適當肥料、選擇適宜栽培之時間、地點及方式，以及克服雜草等問題，都有助於山藥之生產促進，以山藥台農1號爲例，其平均公頃產量可達22t/ha，惟因係一年一收，產期相當集中，且於大面積推廣種植後，採收後之塊莖急須有適當的貯藏技術以供參考遵行。

本研究之目的在開發至少六個月之山藥塊莖貯藏技術，確立最適當的貯藏溫度及貯藏容器，並探討不同山藥品系間、不同生育日數及癒傷處理等因子對塊莖貯藏之可能影響，所得結果或有助於農友及加工業者在大面積推廣種植山藥後，擴大山藥之利用潛力。至於貯藏後塊莖之二種重要成分（澱粉及蛋白質含量）以及二種加工品質（粘度與色度）之變化如何，亦爲本文將探討之另一子題。

材料與方法

一、試驗材料：

取三種山藥品（種）系之塊莖，供作貯藏試驗之材料，其中兩種屬於白肉山藥系統（*Dioscorea alata*L.）：即山藥台農1號（*D. alata* cv. Tainung No. 1）及巴西品系（Brazilen yam），另一種屬於紅肉山藥系統（*D. alata*L. var. *purpurea* M. Pouch.）：即埔里地方品系（Puli local yam, 代號70R—01）。

二、試驗方法：於1990及1991兩年利用當年1月採收之山藥在本所進行塊莖貯藏試驗。

(一)不同貯藏溫度對山藥塊莖貯藏之影響：

三種貯藏溫度分別爲14±1°C（RH 60—70%）、17±1°C（RH 60—70%）及室溫（20±8°C，RH80—90%），前二者係於恆溫箱中後者於實驗室進行，並以自動溫濕儀記錄。以上三種溫度配合上述三種試驗材料，合計9處理，每處理三重複，除70R—01每重複取用6條薯外，其餘之品（種）系每重複均爲10條，且都以網袋方式貯藏。由貯藏開始每週調查各處理薯塊之萌芽率、萌芽數、腐爛率及失重率。

(二)不同生育期、貯藏容器及癒傷處理對山藥塊莖貯藏之影響：

山藥台農1號及巴西品系之塊莖分別放入二種不同容器：即網袋及紙箱兩種進行貯藏處理，配合二種貯藏溫度：室溫（20±8°C，RH 80—90%）及涼溫（17±1°C，RH 60—70%）、二種生育期（早期爲250天，晚期爲300天）及二種癒傷處理：即熱風風乾癒傷處理及陰乾對照處理，癒傷處理溫度爲40°C[1]歷時36小時，對照爲室溫陰乾36小時。以上合計16處理，每處理三重複，每重複取用外形均一且完整無傷之10條山藥塊莖爲材料。由貯藏開始每週調查各處理之薯塊失重率、萌芽率、萌芽數及腐爛率。

(三)涼溫（17±1°C）貯藏26週後塊莖之成分分析及色度與粘度之測定：

取用經涼溫貯藏26週之山藥台農1號與巴西品系，以及未經貯藏之新採山藥台農1號（對

照）之塊莖，進行塊莖肉部含水率、乾物率、粗蛋白含量及澱粉含量之分析與比較。含水率以普通常壓乾燥法測定；乾物率爲1與含水率之差；粗蛋白之測定採用 Kjeldahl 氏法，經分解、蒸餾及滴定等三步驟，計算出總氮量，再換算成粗蛋白質，所乘之係數爲6.25；澱粉含量測定乃利用比色分析法測定[10]。上述分析過程中，水份、粗蛋白質及澱粉測定之隨機取樣量依次爲1.0g、0.5g（塊莖乾粉）及0.5g（塊莖乾粉），各5重複，分析結果以平均值表示，同時進行變方分析，及以 LSD 法比較平均值差異之顯著性。粘度測定乃取100g去皮山藥肉部加3.5倍水後，以果汁機打汁1分鐘，利用 Brookfield Viscometer 測定5分鐘，所得數值再換算實際之粘度值。顏色變化測定乃利用日本 Tokyo Denshoku 公司出品之 Color Difference Meter（Model TC-6FX）色差儀，測定山藥塊莖肉色之 L、a、b值之變化，L 值愈大，表示愈白；a 值中正值表示趨於紅色，負值表趨於綠色；b 值中正值表示趨於黃色，負值表趨於藍色。

結　果

一、不同貯藏溫度對山藥塊莖貯藏之影響：

不同貯藏溫度對山藥塊莖萌芽率及貯藏壽命之影響很大。於室溫（20±8°C）貯存下，三品(種)系塊莖均在第3～4週期間開始萌芽，至第4週之萌芽率接近40%，至第9週之萌芽率皆達100%（圖１），且貯放至第13週時因芽長均超過15cm，貯藏壽命終止。於17±1°C恒溫箱中貯藏，山藥台農1號在第9週開始萌芽，至16週之萌芽率達100%；巴西品系塊莖亦在第9週開始萌芽，至19週之萌芽率達83%；紅肉系統之70R—01在第11週開始萌芽，惟至第19週之萌芽率僅10%。三品（種）系於17±1°C貯藏下雖有芽體產生，但在此溫度下芽體不見增長，且貯藏至25週之薯塊均甚完整良好，貯藏壽命至少可達25週。於14±1°C恒溫貯藏下，山藥台農1號在15週開始萌芽，至24週之萌芽率僅達47%；巴西品系在16週開始萌芽，24週之萌芽率達53%；紅肉系統之70R—01品系則不萌芽。於14±1°C貯藏下，二種白肉塊莖貯放至第25週雖然薯塊均維持良好，惟自第26週起至34週止薯塊內部腐爛率逐漸增加達33%以上，損害程度不小，而紅肉之70R—01品系更於27週起呈現嚴重寒害現象，此時塊莖外觀看似良好，而內部已呈現吸水海綿狀，故貯藏壽命終止。綜合比較三種貯藏溫度對參試山藥塊莖之影響可知，在17±1°C及14±1°C兩種溫度下，山藥塊莖之貯存期限都較室溫組延長將近兩倍，於17±1°C下貯存塊莖較早萌芽且萌芽率遠高於14±1°C，但其芽體因受17±°C涼溫抑制不再增長，無礙於貯藏價值之維持，於此溫度下貯存到25週之塊莖仍然完整良好，但在14±1°C下自第27週起之塊莖或有1/3腐爛，或出現嚴重寒害現象，已不適宜繼續貯存。故山藥塊莖之安全貯放溫度以17±1°C之效果及經濟性較佳。

三種不同貯藏溫度對山藥塊莖失重率之影響結果列如表1。涼溫貯藏（14及17°C）明顯較室溫貯藏失重率爲小，惟14°C與17°C之失重率差異不顯著。室溫（20±8°C）貯藏下山藥台農1號塊莖至第5週之失重率爲3.55%，至第10週失重率爲11.52%；巴西品系至第5週之失重率略低於山藥台農１號，至第10週失重率則較高；70R—01品系至第5週及第10週失重率均較前二種山藥爲高。17±1°C恒溫貯藏下，山藥台農1號之塊莖在萌芽前期（至第10週）失重率爲4.58%，至25週失重率爲26.63%；巴西品系至第10週失重率略低於山藥台農1號，至25週反而較高；70R—01品系萌芽前期（至第10週）失重率爲5.43，至25週失重率高達37.13%。14±1°C恒溫貯藏下，山藥台農1號之塊莖在萌芽前（至第10週）之失重率爲3.15%，萌芽後至25週之失重率爲12.26%；巴西品系萌芽前期（至第10週）失重率較高於山藥台農1號，萌芽後至25週失重率則反而較低；70R—01於萌芽前期（至第10週）及25週之失重率分別爲5.52及21.83%，均較前二種山藥爲高（表1）。

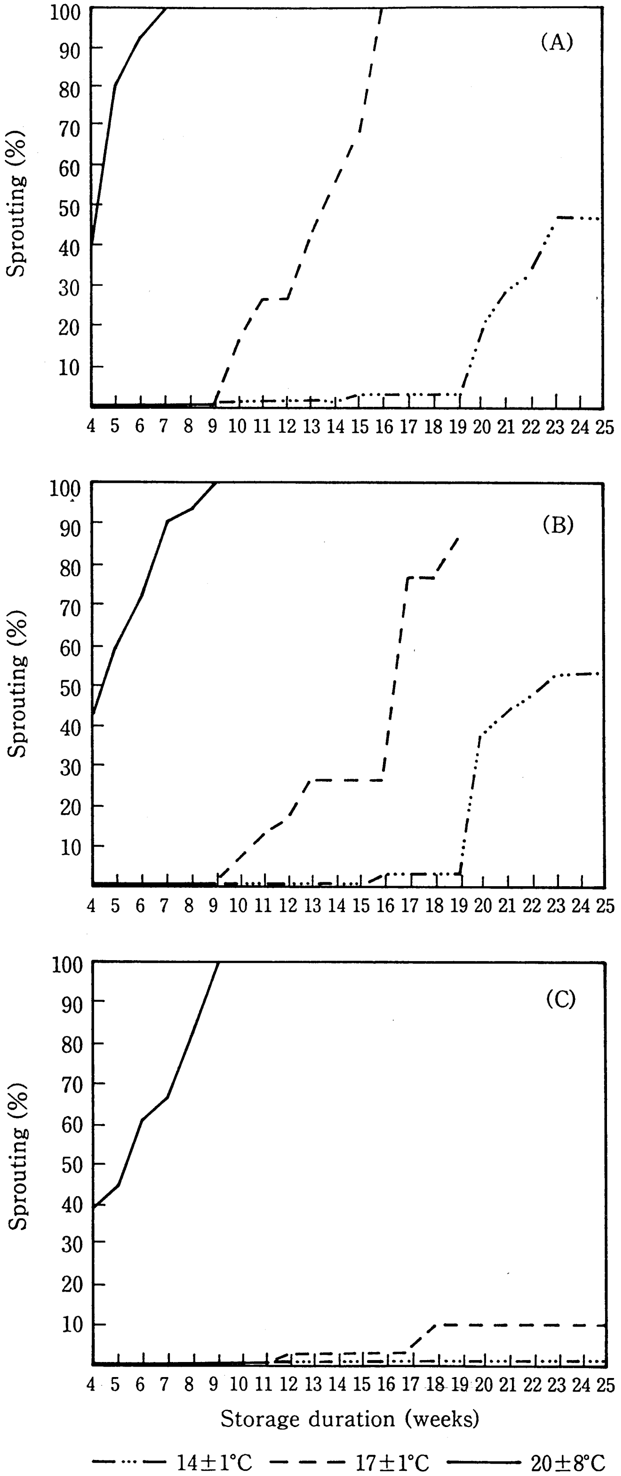


圖1. 不同貯藏溫度對（A）.山藥台農１號.（B）.巴西品系及（C）.70R—01塊莖萌芽率之影響。

Fig. 1. Effects of different storage temperatures on the sprouting rates (%) of tubers of (A) *D. alata* L. cv. Tainung No. 1, (B) Brazilien yam, and (C)70R—01.

表1. 不同貯藏溫度對山藥貯藏期間塊莖失重率之影響

Table 1. Weight loss percentage (%) of tubers of three yam lines stored during different storage durations (weeks) and different temperatures.

Temperature	Tainung No.1			Brazilien Yam			70R—01		
	5(weeks)	10	25	5	10	25	5	10	25
14±1°C	1.45[b]	3.15[b]	12.26[b]	1.78[a]	4.21[b]	9.05[b]	4.1[b]	5.52[b]	21.83[b]
17±1°C	2.35[ab]	4.58[b]	26.63[a]	3.10[a]	4.01[b]	27.48[a]	5.48[ab]	5.43[b]	37.13[a]
20±8°C	3.55[a]	11.52[a]	—**	2.97[a]	13.08[a]	—**	6.13[a]	15.39[a]	—**

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

**Storage life of 20±8°C ended at 13 weeks.

於貯藏20週後，山藥塊莖平均萌芽芽數與貯藏溫度顯著相關。恆溫17±1°C貯存下參試三品(種)系塊莖之平均萌芽數在山藥台農 1 號及巴西品系各只有 1 ～ 2 個，70R—01則更少，6 粒中只有 1 粒長出 1 芽，惟三品（種）系之芽體長度只約0.5cm，又因受涼溫抑制，芽體不再增長。室溫（20±8°C）下巴西品系之芽數爲 2 ～ 3 個，山藥台農 1 號爲 1 ～ 3 個，70R—01爲 1 ～ 2 個，但芽體生長速率頗快，在第13週時，三品系之芽長均已超過15cm，已無必要繼續貯藏。於17±1°C貯藏下，自第21週開始在塊莖上即可發現有約0.25cm大小之小芽體逐漸產生，至第26週時，三品系每粒塊莖上之萌芽數平均達20枚，這些芽體雖受涼溫抑制不再伸長，但對外觀品質已造成不利影響，亦無繼續貯藏之必要，故17±1°C環境下山藥塊莖之貯藏壽命應爲26週。於14±1°C恆溫貯存下，三品（種）系之平均萌芽數目在山藥台農1號及巴西品系各爲1枚，在埔里地方品系則未萌芽。於14±1°C萌芽之芽點長度均在0.2cm以下，萌芽後二週左右，芽點非但未繼續生長，甚且乾萎。如此持續至30週，外觀尚稱良好，惟薯塊內部之腐爛率已有逐漸增加趨勢，至34週之腐爛率高達33%（圖2）。

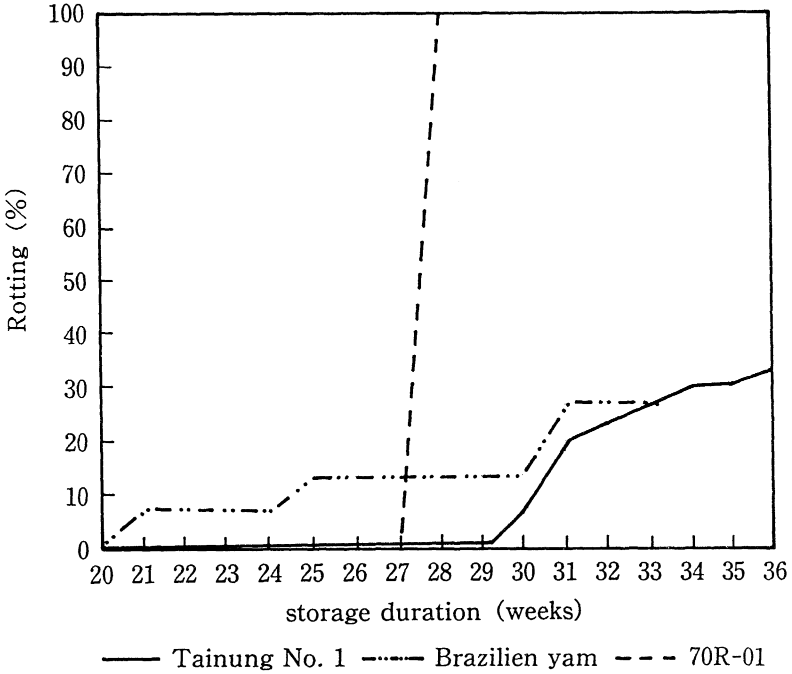


圖2. 不同山藥品系在14±1°C貯藏之腐爛率

Fig. 2. Tuber rotting rates (%) of three yam lines stored at 14±1°C.

二、不同生育期、貯藏容器及癒傷處理對山藥塊莖貯藏之影響：

不同貯藏容器及貯藏溫度對參試山藥塊莖開始萌芽期及全部萌芽期有顯著影響作用，而山藥塊莖開始萌芽期及全部萌芽期與山藥之品（種）系間、山藥植株之生育日數及塊莖經熱風風乾癒傷或陰乾處理等因子無顯著相關。在涼溫（17±1°C）環境下利用網袋貯存，可顯著延後參試山藥塊莖之開始萌芽期。以巴西品系爲例，在涼溫下且貯存於網袋之塊莖（未經癒傷處理）可延至12週才萌芽，相同條件下利用紙箱貯存的可延至10週才萌芽，至於17°C下其他處理之開始萌芽期則介於8.7～9.7週之間，與在室溫處理下巴西品系塊莖之開始萌芽介於7.3～9.0週之數值比較，顯示有延後萌芽之趨勢。就山藥台農1號而言，在17°C處理下之開始萌芽期介於9.0～12.3週間，與其室溫之7.0～9.0週比較，延後之趨勢明顯。以生育日數同爲250天之山藥台農1號塊莖爲例，在涼溫下貯存於網袋及紙箱內之塊莖開始萌芽期分別爲12.3及11.3週，各約較室溫之處理組延後3.3及4.3週。涼溫加網袋組貯存山藥塊莖之平均開始萌芽期在巴西品系爲10.2週，相較於涼溫加紙箱組之9.2週、室溫加網袋組之8.9週及室溫加紙箱組之7.5週，差異達顯著水準。山藥台農1號利用網袋貯存亦呈現同樣的趨勢，於涼溫加網袋組之平均開始萌芽期爲10.6週，相較於涼溫加紙箱之9.7週差異雖不顯著，但與室溫加網袋組之8.9週及室溫加紙箱組之7.5週比較，則有明顯延後效果（表2）。

表2. 不同貯藏溫度與貯藏容器對山藥塊莖開始萌芽期之影響

Table 2. Initial sprouting weeks of yam tubers stored in net or carton at cool temperature (17±1°C) and room temperature.

Line	Growth duration (days)	Treatment	Initial sprouting weeks			
			Cool temperature		Room temperature	
			net	carton	net	carton
Brazilien yam	300	Curing	9.7[a]*	9.3[a]	9.0[a]	7.3[b]
		CK	12.0[a]	10.0[b]	9.0b[c]	8.0[c]
	250	Curing	9.3[a]	8.7[ab]	8.7[b]	7.3[b]
		CK	9.7[a]	8.7[ab]	9.0[b]	7.3[b]
		Average	10.2[a]	9.2[a]	8.9[b]	7.5[c]
Tainung No.1	300	Curing	9.0[a]	9.3[a]	9.0[a]	7.7[a]
		CK	11.0[a]	9.0[ab]	8.7[ab]	8.0[b]
	250	Curing	10.0[a]	9.3[ab]	9.0[ab]	7.3[b]
		CK	12.3[a]	11.3[a]	9.0[b]	7.0[b]
		Average	10.6[a]	9.7[ab]	8.9[b]	7.5[c]

* Means followed by the same letter within each row are not sigificantly different at 5% level by the LSD test.

參試山藥全部塊莖皆萌芽的時間也以17°C處理組明顯較室溫組延後，亦以貯存於網袋之效果較佳。以巴西品系爲例，於17°C下貯存於網袋之全部塊莖皆萌芽之時間介於14.7週—17.0週之間，平均期限爲15.8週，相較於17°C加紙箱組之12.9週、室溫加網袋組之9.7週及室溫加紙箱組之9.2週，延後趨勢明顯。就山藥台農1號全部塊莖之萌芽期而言，17°C且貯存於網袋之平均全部萌芽時間爲16.3週，最長可達19.7週，亦明顯較17°C加紙箱組之13.8週、室溫加網袋組之9.4週及室溫加紙箱組之9.1週延後甚多（表3）。

表3. 不同貯藏溫度與貯藏容器對山藥塊莖全部萌芽期之影響

Table 3. Total sprouting weeks of all yam tubers stored in net or carton at cool temperature (17±1°C) and room temperature.

Genotype	Growth duration (days)	Treatment	Total sprouting weeks			
			Cool temperature		Room temperature	
			net	carton	net	carton
Brazilien yam	300	Curing	15.3^{a*}	11.7^{b}	9.7^{b}	9.0^{b}
		CK	14.7^{a}	13.0^{a}	9.7^{b}	9.3^{b}
	250	Curing	17.0^{a}	13.7^{b}	9.7^{c}	9.0^{c}
		CK	16.0^{a}	13.3^{b}	9.7^{c}	9.3^{c}
		Average	15.8^{a}	12.9^{b}	9.7^{c}	9.2^{c}
Tainung No.1	300	Curing	14.3^{a}	12.7^{a}	9.3^{b}	8.7^{b}
		CK	19.7^{a}	12.0^{b}	9.7^{c}	9.3^{c}
	250	Curing	16.3^{a}	15.3^{a}	9.7^{b}	9.7^{b}
		CK	14.7^{a}	15.0^{a}	9.0^{b}	8.7^{b}
		Average	16.3^{a}	13.8^{b}	9.4^{c}	9.1^{c}

* Means followed by the same letter within each row are not significantly different at 5% level by the LSD test.

三、涼溫（17±1°C）貯藏26週對山藥塊莖重要成分及粘度與色度之影響：

於涼溫（17±1°C）貯藏26週時山藥塊莖之萌芽數目約有20枚，已無必要繼續貯存，於移到室溫後，原本只有0.25cm大小之芽體即開始增長。比較山藥台農1號未貯藏之塊莖及經26週涼溫貯藏後之重要成分差異結果列如表4，經貯藏後之含水率及澱粉含量分別下降達12.25%及4.07%，差異明顯，而乾物率及粗蛋白含量則有上升趨勢。同樣經過涼溫26週貯藏，巴西品系塊莖之含水率及粗蛋白含量明顯高於山藥台農1號，但乾物率及澱粉含量則偏低（表4）。

表4. 涼溫（17±1°C）貯藏26週對山藥塊莖重要成分之影響

Table 4. Effect of storage at cool temperature (17±1°C) for 26 weeks on the important components of yam tubers.

Genotype	Storage duration (weeks)	Dry matter (%)	H_2O (%)	Crude protein (d.w.%)	Starch (d.w.%)
Brazilien yam	26	29.94^{b**}	70.06^{b}	9.10^{a}	57.21^{b}
Tainung No.1	26	34.31^{a}	65.69^{c}	6.86^{b}	59.08^{b}
CK**	0	22.06^{c}	77.94^{a}	6.31^{b}	63.15^{a}

* Means followed by the same letter within each column are not significantly different at 5% level by the LSD test.

**Fresh tuber of Tainung No. 1.

經17±1°C貯藏26週之山藥台農1號及巴西品系之粘度均明顯較新鮮的山藥台農1號爲高。前二者粘度值達500 centipoises，而新鮮未經貯藏者僅爲140 centipoises。又比較其 L、a、b、值之差異，發現經26週17±1°C貯藏的塊莖，在0至53小時內其肉質純白的程度不亞於新鮮山藥台農1號（表5），故經17±1°C貯藏26週的山藥仍具有優良的食用及加工品質。

表5. 涼溫（17±1°C）貯藏26週對山藥塊莖色度之影響

Table 5. Effect of storage at cool temperature (17±1°C) for 26 weeks on the color change of yam tubers.

Investigation duration (hrs)	Standard*			Tainung No. 1(fresh)			Tainung No. 1(stored)			Brazilien yam(stored)		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
0	94.45	3.10	4.06	79.16	− 4.67	7.38	83.20	−2.52	11.85	91.33	−11.00	17.38
5	94.45	3.10	4.06	76.80	− 2.55	4.38	83.69	−0.60	12.82	85.09	− 1.90	13.83
29	98.98	−5.50	5.62	75.86	−11.43	10.70	82.61	−0.20	11.23	86.56	− 6.98	14.10
53	98.17	−3.64	5.99	74.09	− 4.15	7.87	84.94	−1.36	11.49	87.37	−21.93	19.80

* Standard: potato starch from Sigma.

討　　論

山藥塊莖貯藏溫度之降低，具有延長塊莖之休眠特性及減小貯藏時碳水化合物損失之雙重作用，惟過低之溫度如12—14°C以下將造成大部分山藥塊莖之低溫傷害[18,24,25]，以本文中14±1°C之貯藏效果為例，紅肉系統之70R—01品系於貯藏至26週時即有嚴重之寒害現象，而山藥台農1號及巴西品系自第26週貯藏期起，塊莖內部腐爛率之增加，即或肇因於低溫傷害之故。一般而言，*D. alata*塊莖之休眠特性，亦即貯藏壽命，在16°C貯藏下可達4個月左右[18]，本文中三種山藥在17±1°C之貯藏結果尚有過之，三種參試山藥之塊莖於此涼環境下利用網袋貯存，皆可達26週之貯藏效果。

於貯藏期間山藥塊莖之失重率及其萌芽狀況與貯藏溫度有關，本文中山藥台農1號在室溫（20±8°C）、17±1°C及14±1°C三種溫度下，明顯以室溫之失重率最大，於第5週之失重率依次為3.55%、2.35%及1.45%，第10週為11.5%、4.58%及3.15%，隨溫度之下降塊莖之失重率愈小，且萌芽後之失重率一般皆大於萌芽前，此可歸因與細胞呼吸率之上升有關。室溫貯藏至13週貯藏壽命結束，而14°C及17°C之貯藏可延至26週，後二者至25週之失重率分別為12.26%與26.63%。

除了降低溫度將可達到延長塊莖貯藏之效果外，利用7.5 Krad 之γ射線亦具良好抑制萌芽之作用，惟其費用相當昂貴，且易使種薯失去活力是其缺點[20]。利用化學藥劑於抑制萌芽上，MH（Maleic hydrazide）的效果不大，且具毒性，而 CIPC，即 Isopropyl N-（3-ch-loropheny l）carbamate，之萌芽抑制效果不穩定，只 GA3 經證實可延長*D. alata*及*D.esculent a*之休眠[18]，但 GA3 對於本文中三種山藥塊莖之貯藏影響如何，尚須經進一步試驗之證明。

對某些已進入休眠的球根，經癒傷（Curing,40°C）處理後，若再給予適當的發芽環境，將可幫助打破休眠，促使提早發芽，故高溫癒傷對部分作物之延長貯藏效果不具正面影響。惟癒傷可能防止病蟲感染及減少貯藏期中腐爛率之發生[18,23]，故仍有實施之價值。本研究曾以室溫陰乾36小時作為癒傷的對照，對一般貯藏性頗優的山藥[2,3]而言，已具有癒傷的效果，又不至於因高溫刺激而可能打破休眠促進萌芽，故今後山藥貯藏前應可直接利用室溫通風陰乾1～2天，即可達類似癒傷之效果。

由本文之結果顯示不同生育期（250天及300天）與高溫癒傷二因子不如貯藏溫度及貯藏容器重要，17±1°C加上網袋之貯藏方式對山藥塊莖貯藏壽命確有延長效果，又可抑制萌芽數目及芽之繼續伸長，是一種值得推薦的貯藏方式。參考美國農部的山藥貯藏資料可知，山藥適宜之貯藏溫度在16°C，RH 為70—80%，約可貯存達6—7月，即26—30週，此與本試驗結果相似[19]。17±1°C貯藏26週後對參試山藥塊莖重要成分及加工品質之影響有大有小，以山藥台農1號為例，除了澱粉含量於貯藏後顯著降低外，其蛋白質含量似乎未受影響，在粘度方面貯藏後反而較未貯藏者明顯增高不少，且塊莖肉質之純白度亦未稍減，故利用17°C及網袋來貯存山藥，應是值得採行的方法。

參考文獻

1. 李玉寶・1976・山藥密植試驗・臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。（65）：70—72。
2. 李玉寶・1976・山藥品種對不同地勢適應性試驗・臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。（65）：72—77。
3. 李玉寶、蔡炯松・1978・山藥品種對不同地勢適應性試驗・臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。（66）：53—56。
4. 李玉寶、蔡炯松、周明和・1979・山藥品種比較試驗・臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。（68）：71—81。
5. 李玉寶、蔡炯松、周明和・1979・山藥種薯切塊大小對產量與經濟之關係研究・山藥密植試驗・臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。（68）：81—82。
6. 郁宗雄、陳嘆・1975・山藥新品種・豐年。25：16—17。
7. 徐原田・1978・磷鉀肥施用量與行株距密度對山藥產量及蛋白質含量之影響・中華農業研究。27：315—324。
8. 徐原田・1979・不同覆蓋物對山藥產量及品質影響之研究・中華農業研究。28：117—123。
9. 徐原田・1981・不同支架型式對山藥產量及品質之影響・中華農業研究。30：357—361。
10. 畜產試驗所・1987・澱粉之測定。飼料化驗分析技術手册。台灣省畜產試驗所編印。pp. 60—66。
11. 張進益・1988・山藥・經濟植物集・豐年社。pp. 44—49。
12. 黃金池・1985・山藥—臺灣稀有作物系列・農業周刊。11：26—27。
13. 彭德昌・1988・利用塑膠管栽培長形山藥・豐年。38：49—52。
14. 劉新裕・1989・千里達山藥之生產能力與品質分析研究・中華農業研究。38：312—325。
15. 劉新裕、呂秀英、王昭月、賴永昌・1990・環境因子對山藥生長與產量之影響・中華農業研究。39：287—296。
16. 蔡炯松、周明和・1981・山藥不同栽培密度與不同施肥量對產量之影響試驗・臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。（70）：82—84。
17. 蔡炯松、周明和・1982・山藥品種對花蓮地區山坡地試驗・臺灣省花蓮區農業改良場業務年報。（71）：95—96。
18. Bradbury, J. H. and W. D. Holloway. 1988. Chemistry of Tropical Root Crops. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra. pp. 27—98.
19. Hardenburg, R. E., A. E. Watada and C. Y. Wang. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. United States Department of Agriculture. p. 72.
20. Nwankiti, A. O., S. O. Atu, A. M. Igbokwe, A. Dkpokiri and E. Nrodu. 1988. Effect of modifying two traditional yam barn structures on storability of four cultivars of yam（*Dioscorea* spp.）. Trop. Agric. 65：125—128.
21. Onwueme, I. C.. 1978. Origin, classification, and growth cycle of the yam plant. The Tropical Tuber Crops. New York. pp. 3—6.
22. Oyolu, C.. 1982. Ingerent constraints to high productivity and low production cost in yam（*Dioscorea* spp）with special reference to *Dioscorea rotundata* Poir. Yams, Clarendon press Oxford. pp. 147—160.
23. Passam, H. C.. 1982. Dormancy of yams in relation to storage. Yams, Claren don press Oxford. pp. 285—293.
24. Tindall, H. D.. 1983. *Dioscoreacea.*Vegetable in the Tropics. London. pp. 210—224.
25. Yamaguchi, M.. 1983. Yam. World Vegetable. U. S. A.. pp. 139—147.
26. Wilson, J. E.. 1982. Recent developments in the propagation of yam（*Di oscorea*spp）. Yams, Clarendon press Oxford. pp. 55—59.

Studies on the Tuber Storage of Three Yam (*Dioscorea alata* L.) Genotypes[1]

J. Y. Wang and S. Y. Liu[2]

Summary

The effect of temperature on the tuber storage life and quality of three Yam lines was investigated. Experimental results indicated that for the two white-flesh genotypes, Tainung No. 1 and Brazilian Yam, stored at 14°C in netted bags, tuber sprouting occurred at 14-23 weeks after storage, or 5-6 weeks later as compared with the storage treatment of 17°C. The rotting rate could reach 33% if storage at 14°C was prolonged to 34 weeks. For the red-flesh genotype 70R-01, no sprouting was recorded when stored at 14°C, however, severe chilling injury occurred after 27 weeks in storage, When storage temperature was elevated to 17°C, both Tainung No.1 and Brazilian Yam remained unsprouted after 25 weeks. Tubers of the line 70R-01 could also be stored for 26 weeks without significant decrease in quality and economic value although a 10% sprouting rate was observed between 11 and 18 weeks in storage. All the three genotypes showed sprouting between the 4th and 9th weeks if stored at room temperature, with marked decrease in economic value at the 13th week. It is therefore recommended that the appropriate storage temperature for the three Yam genotypes is 17°C.

The weight lose percentage of stored tubers was lower at 14 or 17°C than that at room temperature. The weight loss percentages were 26.6 and 27.5%, respectively, for Tainung No. 1 and Brazilian yam after 26 weeks in storage at 17°C. The value was 37.1% for 70R-01 due to its thinner skin as compared to the other two genotypes. After 26 weeks of storage at 17 °C, decreases in contents of water and starch in tubers of Tainung No.1 were, respectively, 12.25 and 4.07%. Brazilian yam had higher contents of water and crude protein than Tainung No.1 after storage under the same condition. For tubers of the two white-flesh genotypes, storage for 26 weeks at 17°C resulted in higher viscosity while the meat color remained unchanged. In conclusion, both the storage life and quality of yam tubers could be maintained at 17°C. It is therefore suggested as an ideal storage method for commercial purpose.

Key words: Yam, Curing, Storage, Temperature, Coutainer, Quality

---

1. Contribution No. 1618 From Taiwan Agricultural Research Institute. The financial support from the Council of Agriculture is appreciated.
2. Research assistant, office of Plant Germplasm, and senior agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 41301, Republic of China.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(2)：169～177（1992）

香水百合〝Casa Blanca〞莖頂培養之大量繁殖[1]

紀 海 珊[2]　　葉 常 青[3]

摘要：香水百合之鱗莖，剝去其外圍之鱗片，取約300～400μm含 1 對葉原體之莖頂，培養於含有0.2 ppm NAA AA、4 ppm BA、3%蔗糖及0.8%洋菜之 Murashige and Skoog (1962)(MS)基本鹽類培養基中，經2個月的培養，可形成約 1.5cm 大小之原球體，此原球體培養於含有 0.5ppm NAA、4 ppm BA、3%蔗糖及0.8%洋菜之 MS 基本鹽類培養基中可行原球體之增殖；而培養於含有0.2 ppm 2,4-D、0.5 ppm BA、3%蔗糖及0.8%洋菜之 MS 基本鹽類培養基中則可誘導植株形成。為了縮短幼苗生長時間，可將已長有 0.2cm 小芽之原球體，培養於含有 0.1 ppm NAA，2 ppm BA、3%蔗糖之 MS 基本鹽類液體培養基中，7天內即可獲得鱗片葉 6cm 之幼苗，將此幼苗移殖於3%蔗糖及0.8%洋菜之 MS 基本鹽類之培養基中，經7天之生長即可誘導發根。此具有根系之幼苗移殖於泥炭苔等介質中，置於二層40—50%遮光網之簡易塑膠溫室中健化，健化期間以細霧式自動噴霧噴灑葉面，每30分鐘噴3—4秒，2週後去除一層遮光網；約經1個月後，即可將苗行 2-5°C之低溫處理以打破休眠，再經1—1.5個月，即可移殖於田間行養球栽培。

關鍵詞：香水百合、大量繁殖

由於進口葵百合類之種球成本費用較高，因而生產之切花單價居高不下，目前國內市場消費需求仍穩定持續成長中，故花農栽植之意願仍高，水葵百合外銷實力遠超過姬百合，曾有外銷日本高達30萬支以上數量的成績，而其平均單價約可達百元以上，為我國賺取不少的外匯。據瞭解，外銷日本的葵百合中，以白色的香水百合（Casa Blanca）品種為主，曾有業者花費數百萬元向荷蘭購買種球。為了降低種苗成本，建立快速且大量生產健康種球之組織培養繁殖技術實屬刻不容緩。

材料與方法

一、材　料：

香水百合 Oriental lily “Casa Blanca” 之鱗莖

二、方　法：

㈠材料之消毒與接種：

將鱗莖外圍之鱗片剝去，以0.5%次氯酸鈉（每50ml 加入1滴 Tween 20）消毒10分鐘後，以無菌水清洗三次，用鑷子取出，剝去剩餘之鱗片，取 300-400μm 含1對葉原體之莖頂，培養於含有 10ml 斜面固體培養基之試管中。

㈡培養基組成之測試：

以不同組合及濃度之植物生長調節劑，配合　Murashige and Skoog (1962) (MS) 基本

---

1. 臺灣省農所　研究報告第 1619 號。本研究承農委會補助經費，謹致謝忱。
2. 國立嘉義農業專科學校園藝科講師。臺灣省　嘉義市。
3. 本所農藝系助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

鹽類[6]（表一～表四）及不同之培養方式，測試對香水百合莖頂培養、原球體增殖、誘導植株發生與加速植株生長及發根之影響。

以上材料均在25±1°C恒溫、1,500Lux 之光強及光期16小時的環境下培養。

㈢不同介質對組織培養苗移殖成活率之影響：

將已發根且帶1—2片鱗片葉，葉長約 6cm 之組織培養苗移出瓶外，以水清洗後，分別移至表五之八種介質中，放置於上有二層40—50%遮光網之簡易塑膠溫室中，栽培環境之日／夜溫爲30—32°C/20—21°C，並以細霧式自動噴霧噴灑葉片，每30分鐘噴3—4秒，經2週後，除去一層遮光網，經1個月後，將苗行2—5°C之低溫處理1—1.5個月，最後再將此苗移殖田間行養球栽培。

結　果

一、莖頂培養誘導原球體之形成：

表1顯示 300—400μm 含1對葉原體之莖頂，在含有 8ppm BA之培養基所形成之原球體最大，但形狀爲扁平硬塊，與一般正常的原球體形狀略有差異，而 4ppm BA所誘導之原球體，其表面爲圓形突起，顏色深綠品質較佳（如圖一），因此由莖頂誘導原球體之產生以含4ppm BA之培養基較好。

Table 1. Influence of plant growth regulators (PGR) on the protocorm-forming ability in the shoot-tip culture of Oriental lily*

PGR Conc. (ppm)		No. of Protocorm Produced wirh Diameter (cm) of			Appearance of Protocorm
NAA	BA	0.2—0.4	0.5—0.8	0.9—1.2	
0.2	2	40	0	0	Light green
0.2	2	0	40	0	Light green, globular
0.2	4	0	0	40	Dark green, globular
0.2	8	0	0	40	Dark green, flat

* Basal medium was MS salts plus 3% sucrose and 0.8% Phytagar. 40 shoot tips were cultured for 60 days in each treatment.

二、原球體之增殖與原球體誘導植株之形成：

將原球體切成 0.5cm 大小，培養於表2（固體）及表3（液體）之培養基中，經培養60天對原球體之增殖而言，在固體培養基中（表2）相同 BA 濃度之搭配下，0.5 ppm NAA 誘導原球體增殖之效果比 0.2 ppm 2,4-D 效果好，而以 0.5 ppm NAA 及 4 ppm BA 之組合誘導原球體增殖之效果最好。液體培養中（表3）0.5 ppm NAA 中，低濃度之 BA 大都誘導原球體長成小芽，而高濃度 BA 之原球體則有增殖之效果，但仍不如固體培養之方式好。而0.2ppm之2,4-D在液體之培養方式則都誘導原球體長成植株，且對植株有健化之效果。唯 BA 之濃度越高，植株葉片有漸黃化之情形發生。因此對原球體誘導植株之形成而言，以 0.2 ppm 2,4-D 與 0.5 ppm BA 之組成效果最好。對培養方式而言在此濃度之下以固體或液體之培養方式均可。

Table 2. Influence of plant growth regulators (PGR) on the growth and differentiation abilities of protocorm in solid culture*

PGR Conc. (ppm)			No. of Protocorm Produced wirh Diameter (cm) of		No. of Protocorm Producing Buds	Length of Scale Leaf (cm)
2,4-D	NAA	BA	0.6—0.9	1.0—1.5		
0	0.5	0.5	0	0	40	3
0	0.5	1	0	0	40	3
0	0.5	2	20	0	20	3
0	0.5	4	0	40	0	0
0	0.5	8	0	40	0	0
0.2	0	0.5	0	0	40	4
0.2	0	1	8	0	32	4
0.2	0	2	12	0	28	3
0.2	0	4	20	0	20	3
0.2	0	8	20	0	20	3

* Basal medium was MS salts plus 3% sucrose and 0.8% Phytagar. 40 protocorms measuring 0.5×0.5cm in size were cultured for 60 days.

Table 3. Influence of plant growth regulators (PGR) on the growth and differentiation abilities of protocorm in liquid culture*

PGR Conc. (ppm)			No. of Protocorm Produced with Diameter (cm) of		No. of Protocorm Producing Buds	Length of Scale Leaf (cm)
2,4-D	NAA	BA	0.6—0.9	1.0—1.5		
0	0.5	0.5	8	0	32	3
0	0.5	1	8	0	32	2
0	0.5	2	8	0	32	2
0	0.5	4	0	20	16	2
0	0.5	8	0	20	16	1.5
0.2	0	0.5	0	0	40	6
0.2	0	1	0	0	40	5
0.2	0	2	0	0	40	3
0.2	0	4	0	0	40	2
0.2	0	8	0	0	40	2

* Basal medium was MS salts plus 3% sucrose. 40 protocorms measuring 0.5×0.5cm in size were cultured for 60 days.

三、促進植株加速生長及發根：

將表2含有 0.2 ppm 2,4-D 及 0.5 ppm BA 之 MS 培養基所誘導形成長約 0.2cm 小芽原球體（如圖二），培養於含有 0.1 ppm NAA，2 ppm BA，3%蔗糖之MS 基本鹽類之液體培養基中，以 100rpm 水平往復式振盪培養5天，植株可達 5cm，至第七天以後則生長速率減緩，此培養7天後之植株可作爲發根試驗之材料（圖三）。將上述植培養於表4之固體培養基中，結果顯示在三種溫度處理下，25°C之根數及根長均遠較20°C及15°C二處理爲高，約在培養2天後即可見到

0.1-0.2cm 之根，經14天後 1 ppm IBA 誘導之根較少而粗，不含植物生長調節劑之對照組及 1ppm NAA 誘導之根較多而細。而根長則以25°C下，不含植物生長調節劑之對照組最長，平均約爲1.82公分。因此香水百合瓶苗之發根，以不添加任何植物生長調節劑之 MS 基本鹽類培養基且在室溫之下（25°C）效果最好（表四），大約培養7天即可移植於介質上（圖四）。

圖1. 百合莖頂培養於 0.2 ppm NAA 及 4 ppm BA 培養基所誘導形成之原球體，顏色深綠。
Fig. 1. Dark-green protocorms produced form the culturing shoot tip of oriental lily in a medium supplemented with 0.2 ppm NAA and 4 ppm BA.

圖2. 原球體培養於含有 0.2ppm 2,4-D 及 0.5 ppm BA之固體MS培養基，誘導形成具有長約 0.2cm 小芽之原球體。
Fig.2. Bud regeneration could be induced after culturing the protocorm in a solid medium supplemented with 0.2 ppm 2,4-D and 0.5 ppm BA.

Table 4. Influence of plant growth regulators (PGR) and temperature on the rooting ability of adventitious buds of Oriental lily*

PGR Conc. (ppm)		Temperature	No. of Roots	Root Length
NAA	IBA	(°C)	Produced	(cm)
1	0	25	14.1 (8.07)	0.5 (0.11)
1	0	20	4.2 (3.78)	0.4 (0.23)
1	0	15	1.5 (1.56)	0.3 (0.29)
0	1	25	8.1 (4.03)	0.8 (0.25)
0	1	20	5.4 (2.36)	0.5 (0.32)
0	1	15	5.3 (2.77)	0.3 (0.08)
0	0	25	13.0 (2.83)	1.8 (0.37)
0	0	20	4.1 (2.27)	0.6 (0.21)
0	0	15	3.0 (1.38)	0.4 (0.26)

* Basal medium was MS salts plus 3% sucrose and 0.8% Phytagar. Culture duration was 14 days. Datas in parentheses are standard deviations.

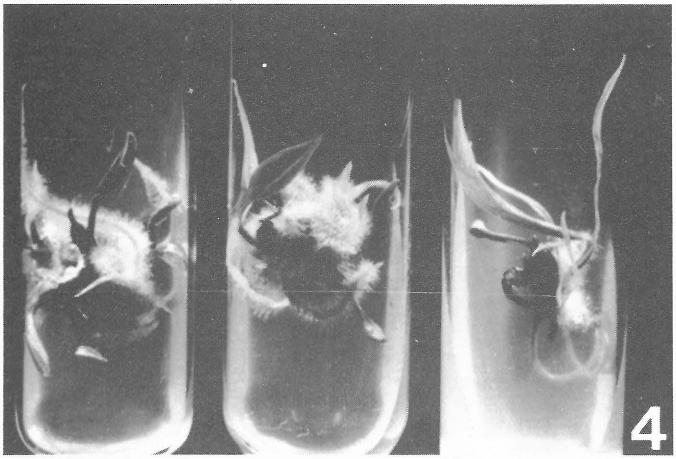


圖3. 將圖2具有小芽之原球體培養於含有 0.1 ppm NAA, 2 ppm BA 及3％蔗糖之 MS 液體培養基，以 100rpm 往復式振盪培養7天可獲得鱗片葉約 6cm之百合苗。

Fig. 3. Further culture of protocorm with regenerated buds in a liquid medium contained MS salts, 0.1 ppm NAA, 2 ppm BA and 3% sucrose, and shaked at 100 rpm, produced seedlings about 6 cm in length in 7 days.

圖4. 百合試管苗培養於25°C，不含植物生長調節劑之 MS 培養基（右）與含 1 ppm NAA（左），1 ppm IBA （中），14天後發根情形之比較。

Fig. 4. Well-developed roots of the seedlings cultured in a solid medium supplemented with no plant growth regulator (right), as compared with the addition of 1 ppm NAA (left) and 1 ppm IBA (middle).

四、不同介質之瓶苗移殖試驗：

將結果三已誘導發根之瓶苗移殖於表五之八種介質中，經14天後，調查其成活率及根系發育之情形。

結果顯示除了人造土：4號蛇木屑（1：1）及4號蛇木屑：泥炭苔（1：1）二種組合之介質，移殖植株於14天後全數死亡以外，其餘成活率均達85％以上（表5），而植株發育情形以泥炭苔最好，顏色翠綠，其次爲粉末蛇木屑植株顏色亦翠綠，再依次爲炭炭苔：珍珠石，及珍珠石，其次爲蛭石：珍珠石，最後蛭石：4號蛇木屑。根系之發育情形則以珍珠石爲最好，粉末蛇木屑次之，再其次爲泥炭苔：珍珠石（1：1）與泥炭苔者，再次爲珍珠石：蛭石（1：1），最後則爲泥炭苔：4號蛇木屑（1：1）。

Table 5. Influence of soil-mixture components on the survival of Oriental 1 : 1 seedlings form shoot-tip culture after transplanting*

Soil-mixture Component	No. of Seedling Survived	Survival Rate (%)
Perlite (No.3)	38	95 (83～100)
Peatmoss	36	90 (75～98)
Perlite (No.3):Peatmoss (1/1, V/V)	36	90 (75～98)
Artificial soil (No. 2):Treefern (No. 4) (1/1, V/V)	0	0 (0～10)
Treefrn (No. 4):Peatmoss (1/1, V/V)	0	0 (0～10)
Vermiculite (No. 2):Treefern(No. 4) (1/1, V/V)	34	85 (69～94)
Powder treefern	38	95 (83～100)
Vermiculite (No. 2):Perlite (No. 3) (1/1, V/V)	34	86 (71～95)

* 40 seedlings were cultured for 14 days in each treatment. Datas in parentheses are the 95% confidence limits.

移殖後之苗約在10—14天開始有新葉生長，而其中約有半數苗原有之老葉黃化枯萎，而八月中以後不太長新葉，似乎溫度太高呈現休眠狀態，而後於10月1日移入 2 — 5 °C之冷藏室內低溫處理，經一個月後於11月9日移出冷藏室種於田間觀察其生育情形，此後養球之部分目前仍試驗中。

結　論

有關百合組織培養大量繁殖之技術，Takayama and Misawa 曾經報導，利用切割後之鱗片培養，可誘導出小鱗莖，再將此小鱗莖誘導出不定芽，配合固體或液體之培養方式，1個鱗片1年內可繁殖多達1.2－3.2×10^{12}個植物體[8]。本研究利用 300-400μm 之莖頂進行原球體之誘導，再以此原球體爲基礎進行大量繁殖，估計一年約可獲得1.1×10^{6}個小苗（圖5），雖繁殖數量遠不及 Takayama and Misawa 的結果，但莖頂培養因具有去除病毒之功效[1,2,4,9]，故本研究所獲得的結果，仍深具意義。

Tsay et al. 報導半夏珠芽經培養後，可誘導芽球類似體（protocorm-like body）之產生，將此芽球類似體連續不斷的切割及增殖，再誘導出大量的不定芽，據估計，一個珠芽經1年的繁殖可獲得1.7×10^{27}個小苗[7]；本文香水百合以先誘導原球體形成的方式大量繁殖，其過程與半夏的繁殖方法極爲類似，此種以類似原球體之方式進行大量繁殖之例子，蘭科植物極爲普遍。Aitken-Christie et al. 曾敍述輻射松（*Pinus radiata*）的大量繁殖法，就是利用分生組織所形成之結狀物（meristematic nodules）經連續不斷的切割及再生而達成[3]。Mc Cown et al. 也發現白楊（populus）分生組織所形成之結狀物，以液體培養方式可達到大量繁殖之目的[5]。這些結狀物在構造上似乎與本文所述之原球體或半夏所產生之芽球類似體極爲相近。這種以原球體大量繁殖的方式，沒有癒合組織所面臨分化再生之困難，且原球體可極容易的在培養基中大量繁殖，應是大部分園藝作物進行組織培養大量繁殖之最佳途徑。

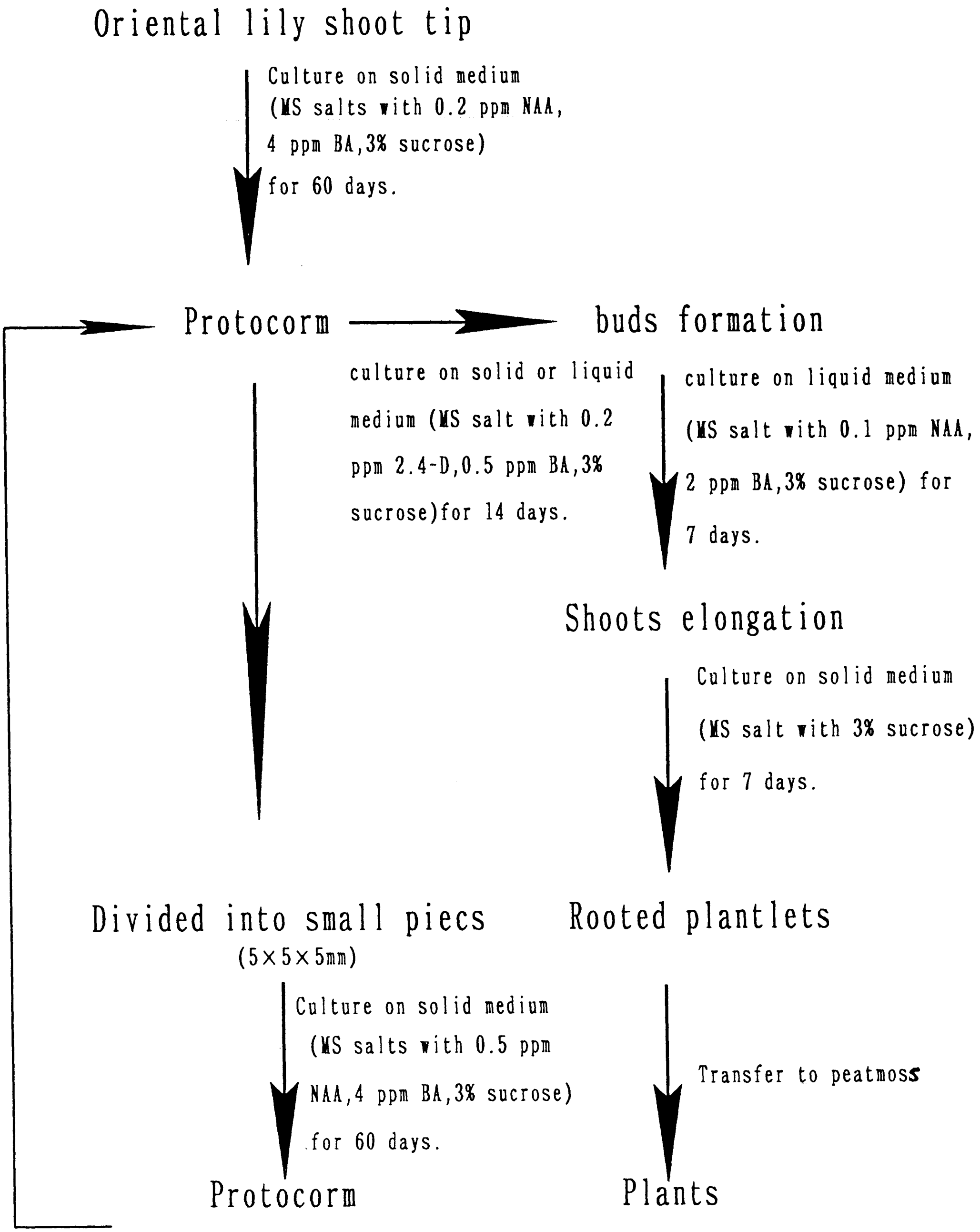


圖5. 香水百合大量繁殖流程圖

Fig 5. Scheme of mass propagation of Oriental lily "Casa Blanca"

參考文獻

1. 柯南靖。1989・簡易植物病毒診斷圖鑑。國立中興大學植物病理學系出版 pp.23-72.
2. Allen, T.C. 1975. Viruses of lilies and their control. Acta. Horticulture, 47:69-75.
3. Aitken-Christie, J., A.P. Singh, and H. Davies. 1987. A new tissue culture system for *Radiata pine.* In : Symposium on Genetic Manipulation of Woody Plant. June 21-25, Michigan State Univ. pp. 413-432.
4. Bertaccini, A. and F. Marani.1982. Electron microscopy of two viruses and mycoplasma-like organisms in lilies with deformed flowers. Phytopath. Medit. 21, 8-4.
5. McCown, B.H., E.L. Zeldin, H.A. Pinkalla, R.R. Dedolph. 1987. A developmental pathway with high potential for regeneration, automated micropropagation, and plant metabolite production from woody plants. In : Symposium on Genetic Manipulation of Woody Plant. June 21-25, 1987, Michigan state Univ. pp. 149-166.
6. Murashige, T. and F. Skoog, 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15:473-493.
7. Tsay, H. S., T. G. Gau, and C.C. Chen. 1989. Rapid clonal propagation of *Pinellia ternata* by tissue culture. Plant Cell Reports 8:450-454.
8. Takayama, S. and M. Misawa. 1983. A scheme for mass propagation of Lilium *in vitro*. Sci. Horti. 18 : 353-362.
9. Varma, A., A. Gibbs. and R. Ikin. 1979. Viruses in lilies; lily symtomless virus and a possiblere virus, detected by electron microscopy. Aust. Plant Path. 8 : 38-39.

Mass Propagation of Oriental Lily "Casa Blanca" by Shoot Tip Culture[1]

H. S. Gi and C. C. Yeh[2]

Summary

Mass propagation of Oriental lily by shoot tip culture was developed for the purpose of accelerating the propagation rate and avoiding the transmission of virus. Bulb scales of "Casa Blanca" containing 1 pair of leaf primordia, measuring about 300-400 im in size, were excised from the bulb and cultrued. The composition of the medium was MS salts supplemented with 0.2 ppm NAA, 4 ppm BA, 3% sucrose and 0.8% phytagar. Protocorms about 1.5 cm in diameter could be produced after 2 months in culture. Significant proliferation of the protocorm could be observed by culturing in the same medium except the concentration of NAA was increased from 0.2 to 0.5 ppm. Plants regeneration could be induced if the protocorm were cultrued in medium contained 0.2 ppm 2,4-D, 0.5 ppm BA, 3% sucrose, and 0.8% phytagar. To accelerate the growth rate of the regenerated seedlings, protocorms with buds about 0.2cm in length were transferred to liquid medium with 0.1 ppm NAA, 2 ppm BA, and 3% sucrose. The length of bulb scale leaves could reach 6 cm in 7 days under the culture conditions. Further culture of the seedlings in solid medium plus MS salts, 3% sucrose, and 0.8% phytagar promoted the differerntiation of root system. The recommended 1month hardening procedure of the seedlings included the use of peatmoss, 40-50% shading, and frequent mist-spray irrigation. The seedlings could then be treated with low temperature (2-5°C)for 1-1.5 months for breaking dormancy before transplanted to the field.

Key words : CaSa blanca, Mass propagation

1. Contribution No. 1619 from Taiwan Agriultural Research Institute. Financial support from the Council of Agriculture, Executive Yuan, is appreciated.
2. Respectively, Instructor, Department of Horticulture, National Chiayi Institute of Agriculture, and Research Assistant, Department of Agronomy, TARI.

Jour. Agric. Res. China (中華農業研究) 41(2)：178～186 (1992)

The physiological influence of 1-aminocyclopropane -1-carboxylic acid and Ethrel on phalaenopsis plantlets in vitro[1]

RUEY-SONG LIN[2]

ABSTRACT : Phalaenopsis plantlets in 50.0ml flask received 0, 2, 5, 10, 20 ppm Ethrel and 0.01, 0.1, 1 mM 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) to study the physiological influence of Ethrel and ACC through culturese in vitro. Ethylene was produced by either the addition of Ethrel or ACC in flask. The treatment of 5.0, 10.0 ppm Ethrel shortened and swelled the roots and produced vigorous plantlets which took the advantage of survival and less mechanical injury during transplant from flasks. However, 20ppm Ethrel induced overdosage effect. The treatment of 0.1 mM ACC produced good quality plantlets as well as 5.0, 10.0 ppm Ethrel. The addition of 1 mM ACC caused small, curl leaf and shorter roots which presented the deteriorated effect on damage of roots and stunted growth of plantlets. The ACC content in different parts of plantlet was determined. The higher ACC residue was existed in root than in central young leaf and older leaves.

Key Words : Phalaenopsis, ethylene, 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, Ethrel.

Introduction

In recent years, there has been increasing report that growth and differentiation of plant cell and tissues in vitro can be affected apparently by ethylene. This gaseous plant hormone was known to promote callus formation from culture citrus bud (Goren et al., 1979), to enhance plant regeneration from callus of *Nicotiana plumbaginifolia* and *Triticun aestivun* (Purnhauser et al., 1987), *Zea mays* (Songstad et al., 1988), promoted embryo production in anther cultures of *Brassica oleracea* (Biddington et al., 1988), and somatic embryogenesis of *Daucus carota* (Roustan et al., 1989). Babbar et al. reported that the ethylene precursor methionine (MET) and the ethylene releasing compound, Ethrel, stimulated embryo formation and plantlet development in *Datura metel* anther culture (Babbar et al., 1986). Cho and Kasha reported that the addition of ethylene promotors, Ethrel or ACC, increased embryogenesis (Cho and Kasha, 1989). Rio and Yang found that ethylene was inhibitory to

1. Contribution No. 1620 from Taiwan Agricultural Research Institute. The study was supported in part by a grant (NSC-79-0409-B055-14) from National Science Council, Executive Yuan, ROC.
2. Associate horticulturist, Department of Horticulture, TARI, Wufeng, 41301, Taiwan, Republic of China.

root emergence and elongation of the cuttings (Rio and Yang, 1989). Lin found that the good quality plantlets which had more adventitious roots, no overgrown stem, no etiolated plantlets by the addition of 5, 10 ppm Ethrel (Lin, 1991). Since Adams and Yang demonstrated that the pathway of ethylene biosynthesis in apple fruit was as follow : MET → S-adenosylmethionine (SAM) → ethylene, (Adams and Yang, 1979), ethylene contributes to the microclimate which develops in the culture container during a culture cycle of plants (De Proft et al., 1985). This plant growth regulator is well known as an inducer of senescence and lignification (De Proft et al., 1987), and a regulator of a wide variety of phenomena in plant growth and development (Abeles, 1973, 1985., Yang, 1984).

In this study, phalaenopsis plantlets were cultured on agar medium with Ethrel and ACC content to investigate the ethylene production in vitro. These ethylene determinations were compared with some physiological responses for which ethylene is thought to be responsible. The primary purpose was to investigate the possible role of ethylene during plantlet growth before their transplant from flask. The conversion from ACC to ethylene will be examined to understand the ethylene biosynthesis through exogenous ACC in phalaenopsis plantlets in vitro.

Materials and Methods

Plant materials

Phalaenopsis (*Phalaenopsis* hybrid) plantlets with leaf of 1～1.5 cm in length were obtained from the node micropropagation in vitro.

The culture method

The plantlets were cultured in medium containing Murashige and Skoog salts (Murashige and Skoog, 1962) and the following constituents in mg/l : kinetin 1; NAA 2; thiamine · HCI 0.4; myo-inositol 100; sucrose 30,000; and Difco Bacto agar 7,000. Ethrel 2.5, 5, 10, 20 ppm or ACC 0.01, 0.1 or 1 mM was sterilized by millipore filter and added to media which had been sterilized by autoclaving 15 min, at 121°C. The pH in all media was adjusted at 5. 7 before autoclaves. The media were dispensed into 50 ml flask at a rate of 20 ml. The flasks were sealed with autoclavable rubber septum. The plantlets wers maintained at constant 25 °C under 16 hr daily exposure at 5000 lux light of cool white fluorescent lamp F20T12CW General Electric Co. U.S.A., After 3 months the growth of roots and leaves of plantlets were recorded.

Ethylene measurement

The ethyene production of each different treatments was determinated to compare with ~~some~~ physiological responses for which ethylene was thought to be responsible. A 2ml air sample in flask was analyzed by using gas chromatograph equipped with flame ionization detector (Shimadzu gas chromatograph GC 8A) after the plantlets were placed on the medium in flask.

ACC assay

The portions of central young leaf, 2nd outward leaf, or roots weighing 1 g were extracted twice with 5 ml of boiling 88% ethanol respectively. Then, the ethanol with the extracted residue was evaporated under vacuum at 55°C. The residues were diluted in 2 ml of water. The ACC content in 0.3 ml aliquots of the aqueous solution was estimated according to the method of Lizada and and Yang (Lizada and Yang, 1979). The sample to be assayed was placed in a 10 ml test tube in an ice bath, 1 μmol HgClO was added by 100 μl, and the volume was brough to 0.4 ml. The tube was stoppered with a rubber serum cap. A cold mixture of 5% NaOCl and saturated NaOH (2 : 1, v/v) was injected into the tube with 100 μl volume mixture. The reaction mixture was reserved in ice for 5 to 10 min, the tubes were agitated vigorously, and the ethylene liberated was assayed by gas chromatograph.

Ethylene forming enzyme activity determination

Ethylene forming enzyme activity was assayed in vivo by measuring the conversion of administrated ACC to ethylene (Wang and Adams, 1982). Plant tissues weighing 2 g were immersed for 2 hr in a solution containing 3 ml of 1 mM ACC and 2 ml distilled water. Subsequently, the incubation solution was removed the plantlet tissues were separated by a high-frequency shaker, and after 4 hr in aerobic conditions the tissue was assayed for EFE activity by the production of ethylene. A 2 ml gas sample was assayed for ethylene by a gas chromatograph and the activity of EFE was determined by ethylene production.

Results and Discussion

The contribution of ethylene to the microclimate in the culture container is important. In culture containers the plantlets reacted differently in terms of ethylene and ACC after different treatments. When phalaenopsis plantlets were cultured in a sealed container with media containing Ethrel or ACC, their leaf blades hardly expanded slowly (Table 1). The influence was proportional to Ethrel concentration or ACC concentration. The overgrown size plantlets were cultured in the medium without Ethrel and ACC (Fig. 1). However, the leaf blades of plantlets which cultured in 1 mM ACC curled up under unexpectedly (Fig. 2). This phenomenon was found in lily, tulip (Abeles, 1973), gerbera (Lin, 1991). The leaf number was less affected by Ethrel, but slightly affected by ACC treatment. Both Ethrel and ACC treatments showed less change in root number (Table 2). Results from enriching Ethrel and ACC to culture system have been contradictory with stimulation (Robbins et al., 1983), suppression (Geneve and Heuser, 1983), or no effect (Batten and Mullins, 1978) on root number being reported by different laboratories. The uncertainty concerning ethylene involvement is compounded by results with species and crops. Nevertheless, Abeles reported that exogenous ethylene suppresses root elongation and increase radical espansion (Abeles, 1973). The results were same as a number of investigators have observed on suppression of root elongation and root radical expansion (Smith and Robertson, 1971; Fujino et al. 1988). The plantlets which cultured in Ethrel 5 ppm (Fig. 3) and ACC 0.01 mM medium did not show curled leaf and deteriorated effects on roots by ethylene (Fig. 4).

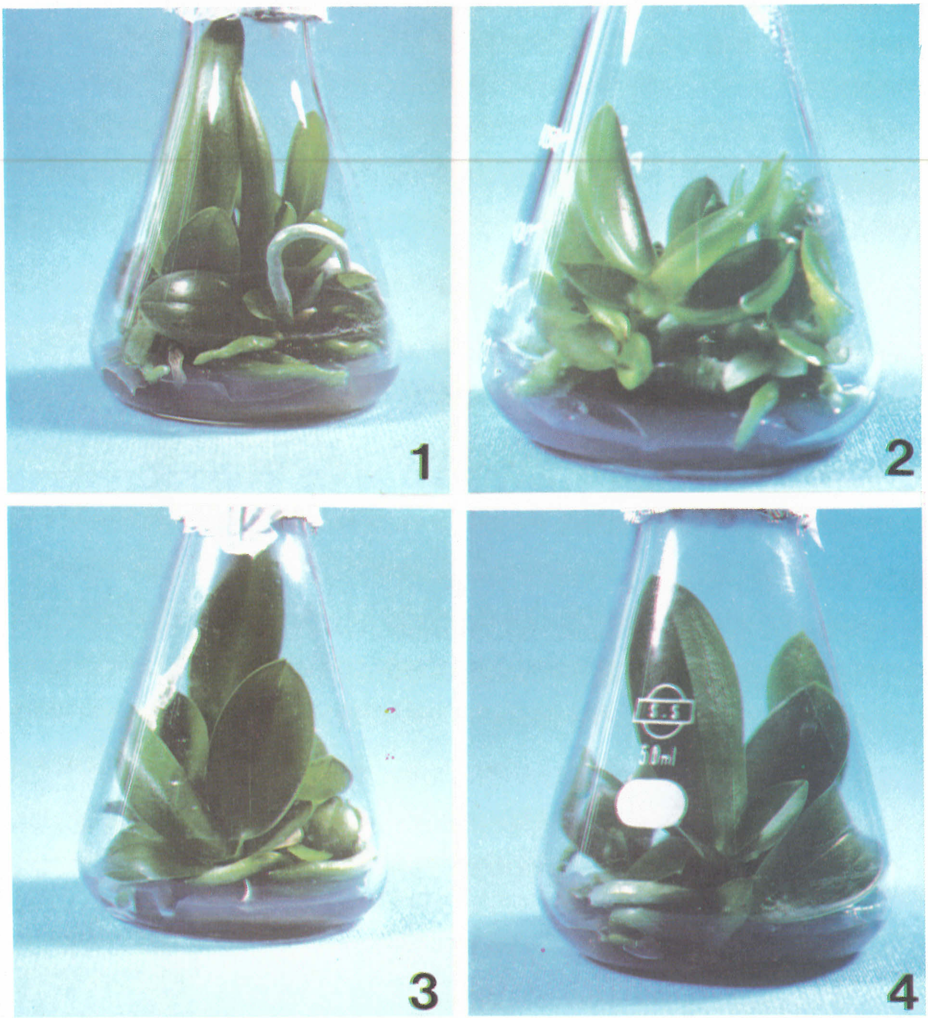


Fig. 1. The phalaenopsis plantlets cultured in vitro without Ethrel and ACC grew long root and overgrown leaves.
Fig. 2. ACC 1mM caused the curled up leaves of phalaenopsis plantlets in vitro culture.
Fig. 3. The well grown plantlets grew well in the medium with Ethrel 5 ppm after 3 months cultured in vitro.
Fig. 4. The phalaenopsis plantlets grew well in the medium with ACC 0.01 mM after 3 months cultured in vitro.

Table 1. The effect of Ethrel and ACC on leaf growth of phalaenopsis plantlets after 3 months subcultured from young mericlone plantlets.

Treatment		leaf number	leaf length (cm)	leaf width (cm)
Control		4.4±0.7*	4.2±0.6	1.3±0.4
Ethrel	2.5ppm	4.3±0.6	3.9±0.2	1.2±0.3
	5.0	4.2±0.5	3.8±0.7	1.3±0.4
	10.0	4.1±0.3	3.7±0.4	1.3±0.3
	20.0	4.0±0.4	3.3±0.6	1.2±0.2
ACC	0.01mM	3.8±0.6	3.8±0.7	1.1±0.1
	0.1	3.6±0.4	3.6±0.8	1.1±0.4
	1	3.4±0.7	2.4±0.4	0.9±0.2

* Values represent the mean ± SE of 5 replcates.

Table 2. The effect of Ethrel and ACC on root growth of phalaenopsis plantlets after 3 months subcultured from young mericlone plantlets.

Treatment		root number	root length (cm)	root width (cm)
Control		4.6±0.4*	2.6±0.3	2.5±0.4
Ethrel	2.5ppm	4.5±0.8	1.8±0.4	2.6±0.3
	5.0	4.4±0.6	1.7±0.3	3.3±0.6
	10.0	4.2±0.8	1.5±0.5	3.0±0.4
	20.0	3.6±0.4	1.4±0.4	2.8±0.5
ACC	0.01mM	4.2±0.7	1.8±0.7	2.6±0.7
	0.1	4.1±0.5	1.7±0.3	3.2±0.6
	1	4.0±0.4	1.6±0.4	3.4±0.3

* Values represent the mean ± SE of 5 replicates.

Ethylene production and EFE activity from th addition of Ethrel

Ethylene is a gas with limited solubility under physiological conditions. Many studies on ethylene production and action have been carried out in vitro using tissue slices, organ segments, or whole plantlets placed in vessels that are sealed to contain ethylene. (Tisserat and Murashige, 1977). The cumulative ethylene released from plantlets was proportional to Ethrel concentration in the nutrient medium (Table 3). The accumulated for 4 weeks ethylene was 42 nl/l for Ethrel 12.5 ppm; 86.4 nl/l for 5 ppm; 92.3 nl/l for 10 ppm; 130.2 nl /l for 20 ppm and 7.2 nl/l for control. Ethrel could be attributed to a volatile component, ethylene production. The EFE activity which contributed to ethylene production showed the correspondence of Ethrel proportion concentration (Table 3). The EFE activity was assayed in vivo, and was determined by the amount of ethylene production from the plant leaf discs including ACC as substrate. In terms of EFE activity of plantlets which cultured in Ethrel medium increased depending on the increase of Ethrel concentration. Yang et al. demonstrated that enzyme catalyzing conversion of ACC to ethylene is constitutive in plant tissue (Yang and Hoffman, 1984). Consequently, the autocatalytic rise in ethylene production and constitutive characteristics of EFE were also found in this studies.

Table 3. Ethyene production and EFE activity in phalaenopsis plantlets treated with Ethrel in vitro after subcultured 4 weeks.

Treatment		Ethylene concentration (nl/l)	EFE activity (nmol C_2H_4/g F.W.H)
Ethrel	0 ppm	7.2±0.7*	0.7±0.1
	2.5ppm	42.3±0.4	3.6±0.4
	5.0	86.4±0.6	7.7±0.2
	10.0	92.3±0.4	8.8±0.3
	20.0	130.2±0.7	11.2±0.2

* Values represent the mean ± SE of 5 replicates.

Ethylene production and EFE activity from the addition of ACC

Yang and Hoffman have elucidated that ACC is an intermediate in the pathway of ethylene biosynthesis from methionine is well established (Yang and Hoffman, 1984). Bradford and Yang discovered that ACC accumulated in the anaerobic root and then was transported via the xylem to the shoot where ACC was converted to ethylene under aerobic condition, caused petiole epinasty and other morphological responses (Bradford and Yang, 1980). In these studies, a progressive increase of ethylene was accompanying with increasing concentration of ACC (Table 4). The increasing of ethylene also associated with increasing EFE activity (Table 4). In plant tissue, the ACC uptake through roots represpondence with ethylene production due to EFE constitutive enzyme property. The formation of ACC from S-adenosylmethionine (SAM) by the enzyme ACC synthase and the conversion of ACC to ethylene by the ethylene forming enzyme (EFE) system have been shown to be important steps in the control of ethylene production (Yang, 1980). Chalutz et al. discovered that the increased conversion of ACC to ethylene may be mediated through a change in the membrance milieu of EFE (Chalutz at el., 1984). Manning found that EFE activity was stimulated 27 fold, approaching the rate for control petals given ACC (Manning, 1986). In these studies, the progressive increase of EFE activity and ethylene production were also proportion to ACC concentration due to the addition of ACC and EFE property.

Table 4. Ethyene production and EFE activity in phalaenopsis plantlets treated with ACC in vitro after subcultured 4 weeks.

Treatment	Ethylene concentration (nl/l)	EFE activity (nmol C_2H_4/g F.W.H)
ACC 0 mM	7.2±0.7*	0.7±0.1
0.01	12.4±0.4	1.0±0.4
0.1	14.3±0.6	1.5±0.3
1.00	36.5±0.8	2.7±0.2

Values represent the mean ± SE of 5 replicates.

The EFE system is labile, membrane-associated and regulated by carbon dioxide, ethylene, and also other hormones (Manning, 1986). The ethylene production, regulation and physiological influence on plantlets through the application of ACC, Ethrel in vitro still need to do further work. Perhaps future studies of EFE function and regulation will give unambiguous identification of the protein associated with ethyelne forming activity, making it possible to develop tools for the study of these very important enzyme system at the molecular level.

The content of ACC in different plant parts cultured in vitro

The different content of ACC was found in different plantlet parts (Table 5). The roots accumulated the highest concentration, then, central young leaf and outer old leaf for each treatment. Moreover, the residues of ACC content in different plantlet parts were proportional to the application of ACC concentration. Bradford and Yang pointed out that ACC can be synthesized in one organ and transported to another site where it express activity

through conversion to ethylene (Bradford and Yang, 1980; De Proft et al., 1987). In this study, the application of ACC 1 mM showed deteriorated effect (Fig. 2) but addition of ACC 0.01 mM represented the favorable good quality plantlets (Fig. 4) were same as the addition of Ethrel 5 ppm worked (Fig. 3). In conclusion, this studies demonstrated that the responses of Ethrel and ACC shortened, swelled the roots and leaves were in the involvement of ethylene. The application of Ethrel and ACC should be considered by using the optimum dosage to prevent plantlets from deteriorated effect of ethylene.

Table 5. ACC content in different plant parts of phalaenopsis plantlets with the addition of ACC in vitro after subcultured 2 weeks.

plant part treatment	ACC (nmol/g F.W.) central young leaf	2nd outer leaf	root
ACC 0 mM	0.8±0.1*	0.2±0.0	1.5±0.2
0.01mM	5.4±0.4	1.1±0.3	11.2±0.6
0.1	6.4±0.6	1.3±0.4	12.3±0.4
1.00	9.8±0.4	2.1±0.6	16.5±0.7

* Values represent the mean ± SE of 5 replicates.

Literature Cited

1. Abeles, F.B. 1973. Ethylene in plant biology 302pp. Academic Press, New York.
2. Abeles, F.B. 1985. Ethylene and plant development : An introductions. pages 1-8. In J.A Roberts and G. A Tucker (eds.) Ethylene and Plant Development. 416pp. Butterworths, London.
3. Adams, D.O and S.F Yang. 1979. Ethylene biosythesis: Identification of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as intermediate in the conversion of methionine to ethylene. Proceedings of the National Academy of Science. 76 : 170-174.
4. Babbar, S.B. and S.C. Gupta. 1986. Putative role of ethylene in *Datura metel* microspore embryogenesis. Physiol Plant. 86 : 141-144.
5. Batten, D.J. and M.G Mullins. 1978. Ethylene and adventitious root formation in hypocotyl segments of etiolated mung bean (*Vigna radiata* (L.)Wilczek) seedlings. Planta 138 : 193-197.
6. Biddington, N.L., R.A. Sutherland, and R.A. Robbinson. 1988. Silver nitrate increases embryo production in anther culture of Brussels sprorts. Ann. Bot. 62 : 181-185.
7. Bradford, K.J. and S.F. Yang. 1980. Xylem transport of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, an ethylene precursor, in waterlogged tomato plants. Plant Physiol. 65 : 322-326.
8. Chalutz, E., A. K Mattoo, T. Solomos and J.D. Anderson. 1984. Enhancement by ethylene of cellulysin -induced ethylene production by tobacco leaf discs. Plant Physiol. 52 : 38-42.
9. Cho, U.H. and K.J. Kasha. 1989. Ethylene production and embryogenesis from anther cultures of barley (*Hordeum vulgare*). Plant Cell Reports 8 : 415-417.
10. De Proft, M.P., L.J. Maene, and P.C. Deberg. 1985. Carbondioxide and ethylene evolution in the culture jars of magnolia cultured in vitro. Physiol. Plant. 65 : 375-379.
11. Fujino, D.W., D.W Burger, S.F Yang and K.J Bradford. 1988. Characterization of an ethylene over-producing mutant of tomato (*Lycosperison esculentum* Mill. cultivar VFN 8). Plant Physiol. 88 : 774-779.
12. Geneve, R.L. and C.W Heuser. 1983. The relationship between ethephon and auxin in adventitious root

initiation in cutting of *Vigna radiata* (L.) R. Wilcz. J. Am. Soc. Hortic Sci. 108 : 330-333.

13. Goren, R., A. Atman, and I. Giladi. 1979. Role of ethylene in abscisic acid-induced callus formation in citrus bud cultures. Plant Physiol. 63 : 280-282.

14. Lin R.S. 1991. Effect of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, and Ethrel on gerbera in vitro culture. J. Agri. Res. China : 40 (4) : 417~424.

15. Lizada, M.C.C. and S.F. Yang. 1979. A simple and sensitive assay for 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid. Analytical Biochemistry 100 : 140-145.

16. Manning, K. 1986. The ethylene forming enzyme system in carnation flowers. In J.A. Roberts and G.A Tucker (eds.) Ethylene and Plant Development. 416pp. Butterworths. London.

17. Purnhauser L., P. Medgyesy, M. Czako P.J Dix, and L. Marton. 1987. Stimulation of shoot regeneration in *Triticum aestivum* and *Nicotiana plumbaginifolia* Viv. tissue cultures using the ethylene inhibitor $AgNO_3$. Plant Cell Rep. 6 : 1-4.

18. Rio, J. and S.F. Yang. 1989. Enhancement of adventitious root formation in mung bean cuttings by 3, 5-dihalo-4-hydroxybenzoic acids and 2,4-dinitrophenol. J. Plant Growth Regul. 8 : 131-141.

19. Robbins, J.A., S.J Kays and M.A Diss. 1983. Enhanced rooting of wounded mung beans cutting by wounding and ethephon. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 108 : 325-329.

20. Roustan, J.P., A. Latche, J. Fallot. 1989. Stimulation of *Daucus carota* somatic embryogenesis by inhibitors of ethylene synthesis: cobalt and nickel. Plant Cell Rep. 8 : 182-185.

21. Smith, K.A. and P. D. Robertson. 1971. Effect of ethylene on the root extension of cereals. Nature. 234 : 148-149.

22. Songstad, D.D., D. R Duncan, J.M. Widholm. 1988. Effect of 1-aminocyclopropane -1-carboxylic acid, silver nitrate, and norbornadiene on plant regeneration from maize callus cultures. Plant Cell Rep. 7 : 262-265.

23. Tisserat, B. and T. Murashige. 1977. Effects of Ethephon, ethylene, and 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid on asexual embryogenesis in vitro. Plant Physiol. 60 : 437-439.

24. Yang, S.F. 1980. Regulation of ethylene biosythesis. HortScience. 15 : 238-243.

25. Yang, S.F. and N.E. Hoffman. 1984. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. 35 : 155-189.

環氨基丙烷羧酸及益收素對試管內蝴蝶蘭苗之生理影響[1]

林 瑞 松[2]

蝴蝶蘭幼苗於50毫升三角瓶內以0，2.5，5，10，20 ppm 的益收素（Ethrel）及0.01，0.1，1 mM 的環丙烷氨基羧酸（1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, ACC）以研究二者對蝴蝶蘭幼苗之生理影響。二者均可產生乙烯。試驗結果顯示以益收素 5.0 及 10.0 ppm 可以使根部縮短肥大，植株健旺，有利於瓶苗移植減少操作時機械傷害。但是益收素濃度在 20 ppm 時則有藥劑過量現象。以 0.1 mM 的環丙烷氨基羧酸亦得到與益收素 5.0 及 10.0 ppm 處理效果一樣優良瓶苗，處理濃度在 1 mM 時造成葉片變小、捲葉、根短、顯示了有害於根部及阻礙生長的現象。環丙烷氨基羧酸之含量分別於不同部位檢測，根部留存量較高於葉片部分。

關鍵詞：蝴蝶蘭，乙烯，環氨基丙烷羧酸，益收素。

1. 臺灣省農業試驗所研究報告第 1620 號。本研究承國科會經費（NSC79—0409—B055—14）補助，謹此致謝。
2. 本所園藝系副研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(2)：187～200（1992）

旱田土壤中尿素肥料之轉化[1]

連　深[2]　陳琦玲[2]

摘要：本研究探討旱田狀態下尿素及裹硫尿素在土壤中之水解及轉化情形。

供試土壤爲臺北砂頁岩質沖積土（低鹽基淡色弱育土，Dystrochrepts），pH 6.1（原pH爲4.0，試驗前施用碳酸鈣將其提高爲6.1），及彰化粘板岩質沖積土（簡育浸水弱育土，Haplaquepts），pH 7.4。兩種土壤之質地，均屬坋質壤土。

實驗方法係將土壤各90公克稱於100cc一燒杯中，施以不同用量氮素的尿素或裹硫尿素（合N 0、30、60及150mg/100g土壤），充分混合後保持土壤容水量之約50%，放置於30°C下孵育，按期以氯化鉀溶液抽出，測定土壤中之銨、硝酸及亞硝酸等各形態之氮素含量。

結果顯示：1. 尿素之水解迅速；在30°C下，所施尿素在7天內即已全部水解爲銨態氮。2. 臺北土壤因銨的硝酸化較慢故有顯著的銨態氮聚積，亦因此，在多量尿素的施用下氨的揮散損失非常顯著。至於彰化土壤則因硝酸化速率高，水解後之銨迅速轉化爲亞硝酸及硝酸，致使銨態氮的聚積不明顯，故氨的揮散損失在此中鹼性土壤反而不顯著。3. 因鹼性土壤中，亞硝酸轉化爲硝酸的速率稍慢於銨轉化爲亞硝酸的速率，在多量的銨轉化爲硝酸的過程中有顯著的亞硝酸聚積跡象。4. 裹硫尿素因水解和緩，銨的轉化甚爲順暢，無論用量多寡，土壤中均無氨揮散或亞硝酸聚積之跡象。其氮素釋放的模式顯然優於尿素，有利於作物之吸收利用。5. 以本試驗結果所得數據輸入 CERES-Maize 中之氮轉化模式，所得結果顯示該模式對施肥量低、沒有氨揮散之土壤中氮素轉化的模擬適用性尚佳，但對於施肥量高、有氨揮散之土壤中氮素轉化模擬則不佳。此乃由於該模式中並未涵蓋氨揮散之機制故；其涵蓋氨揮散機制之需要性有待考量。

關鍵詞：尿素，旱田，氮素，轉化。

尿素和有關複合肥料係本省最常用之化學肥料。由於本省化學肥料單位面積用量冠於世界（Ku 1987），其有效使用無論從經濟及環境面均甚重要。

尿素施用於土壤後引發一連串轉化作用；包括其水解爲銨及銨之轉化爲亞硝酸及硝酸。此等轉化作用之速率係依肥料用量、溫度、水分及土壤性質之不同而異，並且相互影響。轉化過程中所產生之銨、亞硝酸及硝酸則依濃度之高低，或爲作物之養分，或爲害作物根部。亦因與土壤的連應而會經由揮散或脫氮損失。是故，尿素肥料施於土壤後之轉化相當複雜，有加闡明必要。

又裹硫尿素（sulfur coated urea，簡稱 SCU）在現有各種緩效性氮肥中乃較具發展潛力之一種。美國田納西河流域管理局（Tennessee Valley Authority，簡稱 TVA）國家肥料發展中心（National Fertilizer Development Center, 簡稱 NFDC），現已改名爲國家肥料與環境研究中心 National Fertilizer and Environment Research Center）所製 SCU 曾於七十年代提供本省多處試驗。臺肥公司亦曾試製，提供試驗（鄭，1975，連等，1977）。此等試驗結果均證實 SCU 可節省施肥次數並提高肥效，惟對於 SCU 施用土壤後之氮素轉化情形則研究甚少。是故，本研究乃以裹硫尿素與一般尿素一併比較。

1. 臺灣省農業試驗所研究報告等 1621 號。本研究承國科會經費（NSC 80—0409—B—055—04）補助，謹致謝意。
2. 本所農化系研究員及助理。

材料與方法

供試土壤：

1. 臺北砂頁岩質沖積土（低鹽基淡色弱育土 Dystrochrepts），有機質含量2.7%，CEC 8.8 m. e./100g土壤，pH 6.1；其原 pH 爲4.0，於試驗前施用碳酸鈣將其提高爲6.1，並以旱田狀態保持三週後方供本試驗之用。
2. 彰化粘板岩質沖積土（簡育浸水弱育土 Haplaquepts），有機質含量3.1%，CEC7.2 m. e./100g土壤，pH 7.4。

兩種土壤均採自蔬菜專業區，質地均屬坋質壤土。臺北土壤因屬酸性，而且因蔬菜之石灰效應很高，故石灰之施用爲其生產改進之必要措施之一。

試驗方法：

1. 肥料處理與土壤孵育：

將土壤各90公克稱於100ml一燒杯中，各施以不同用量氮素的尿素或裹硫尿素（合N 0、30、60及150mg/100g土壤）充分混合後，保持土壤飽和容水量之約50%，土壤厚度約爲4公分，放置於30°C下孵育。裹硫尿素（sulfur coated urea）係 TVA的NFDC（如前述）所供應，含氮34.8%。依據資料該裹硫尿素尙含蠟質2%，矽藻土2%，殺菌劑0.25%及硫18.1%。

2. 土壤中各種無機態氮之測定：

於施肥後7，14，28及53天取出各處理土壤二重複，各秤取相當於10公克乾土之土壤於250 ml三角瓶中，加入10% KCl 溶液100ml，振盪30分鐘後過濾。將濾液儲存於電冰箱內，並於數日內測定 NH_4^+-N，NO_2^--N及NO_3^--N含量。NH_4^+-N 係以擴散法測定（李，1966）。NH_4^+-N+NO_2^--N+NO_3^--N則先以過錳酸鉀少許使 NO_2^--N氧化爲 NO_3^--N後（江等，1969），才以擴散法（李，1968）測定。NO_2^--N 係以比色法測定（Bremner, 1965），並自 NH_4^+-N+NO_2^--N+NO_3^--N 含量扣除 NH_4^+-N 及 NO_2^--N 含量後得到 NO_3^--N 含量。

3. 不同施用量尿素／裹硫尿素在土壤中之轉化情形檢討：

將上述孵育試驗以不同量尿素／裹硫尿素施用後所得土壤中各種無機態氮含量製圖，檢討尿素／裹硫尿素在不同土壤中之轉化，包括尿素之水解，銨之亞硝酸化、亞硝酸之硝酸化、及氨之揮散等情形。

4. 氮轉化模式之測試

本研究亦以上述試驗結果測試 CERES-Maize 作物模式中之氮轉化模式（Jones & Kiniry, 1986, Lin, 1990）對臺灣土壤環境中氮素轉化模擬的適用性。有關模式之解析請參閱上述相關文獻，本文不再重述。目前用以測試之模式內容，包含尿素水解、新加入土壤中之有機殘質與土壤有機物之分解反應、有機態氮礦化與無機態氮之固定化作用及硝化作用與脫氮作用，有關土壤水分移動與 NO_3^--N 淋洗模式則尙未加入模式中。本次裹硫尿素在土壤中水解之模擬乃假設其水解速率爲尿素水解速率之2%。模式模擬時所需輸入之資料爲土壤特性資料（土壤 pH 值，有機質（%），土壤水分含量，土壤總體密度），溫度及氮肥施用量。

結果與討論

臺北土壤和彰化土壤各施用不同量尿素或裹尿素後各種無機態氮素含量之變化情形如表1—1及1—2。

表1—1. 臺北土壤施用不同量尿素肥料後各種無機態氮含量之變化

Table 1-1. Contents of various forms of inorganic nitrogen in Taipei soil at successive days after the application of varied rates of urea fertilizers.

Treatments Fertilizer-N mg/100g soil	Forms of N in soil	Contents (mg N/100g soil), days after application				
		0	7	14	28	43
Control (No N)	NH_4^+-N	0	3.9	1.9	0	0.7
	NO_2^--N	0	0	0	0	0
	NO_3^--N	21.6	22.0	25.0	31.5	30.3
	Total	21.6	25.9	26.9	31.5	31.0
Urea-N 30	NH_4^+-N		32.4	10.5	0	1.0
	NO_2^--N		1.7	0	0	0
	NO_3^--N		19.7	43.8	54.5	54.6
	Total		53.8	54.3	54.5	55.6
Urea-N 60	NH_4^+-N		47.7	29.4	8.2	1.7
	NO_2^--N		1.3	17.3	17.0	7.0
	NO_3^--N		19.6	23.4	32.0	40.5
	Total		68.6	70.1	57.2	49.2
Urea-N 150	NH_4^+-N		98.1	84.6	29.7	29.0
	NO_2^--N		0.2	7.3	40.6	33.6
	NO_3^--N		18.5	25.0	30.5	30.1
	Total		116.8	116.9	100.8	92.6
SCU-N 30	NH_4^+-N		7.2	1.3	0.6	1.3
	NO_2^--N		0.1	0	0.1	0
	NO_3^--N		22.6	27.6	38.9	34.3
	Total		29.9	27.6	39.6	35.3
SCU-N 60	NH_4^+-N		8.8	1.0	0	1.3
	NO_2^--N		0.1	0	0.1	0
	NO_3^--N		20.1	26.5	39.3	39.0
	Total		29.0	28.6	39.4	40.3
SCU-N 150	NH_4^+-N		19.6	6.9	4.7	3.8
	NO_2^--N		0.6	0	0.3	0.2
	NO_3^--N		25.0	37.2	67.5	82.9
	Total		45.2	43.9	72.5	86.9

表1—2. 彰化土壤施用不同量尿素肥料後各種無機態氮含量之變化

Table 1-2. Contents of various forms of inorganic nitrogen in Changhua soil at successive days after the application of varied rates of urea fertilizers.

Treatments Fertilizer-N mg/100g soil	Forms of N in soil	Contents (mg N/100g soil), days after application				
		0	7	14	28	43
Control (No N)	NH_4^+-N	0	0	0	0	1.2
	NO_2^--N	0	0	0	0	0
	NO_3^--N	17.4	18.7	20.2	21.6	20.8
	Total	17.4	18.7	20.2	21.6	22.0
Urea-N 30	NH_4^+-N		0	0	0	1.2
	NO_2^--N		20.2	0	0	0
	NO_3^--N		24.0	35.0	44.3	46.0
	Total		44.2	35.0	44.3	47.2
Urea-N 60	NH_4^+-N		0.6	0	0	1.2
	NO_2^--N		42.9	22.9	0	0
	NO_3^--N		18.4	45.2	70.6	74.0
	Total		61.9	68.1	70.6	75.2

Urea-N 150	NH_4^+-N	57.3	25.9	0	1.8
	NO_2^--N	36.1	73.2	16.8	0
	NO_3^--N	18.1	33.4	121.6	142.2
	Total	111.5	132.5	138.4	144.0
SCU-N 30	NH_4^+-N	0.6	0	0	2.2
	NO_2^--N	0	0	0	0
	NO_3^--N	16.7	23.2	28.8	39.0
	Total	17.3	23.2	28.8	41.1
SCU-N 60	NH_4^+-N	0	0	0	1.8
	NO_2^--N	0	0	0	0
	NO_3^--N	18.3	28.6	33.7	38.5
	Total	18.3	28.6	33.7	40.3
SCU-N 150	NH_4^+-N	0.6	0	0	2.4
	NO_2^--N	0.5	0	0	0
	NO_3^--N	21.8	32.5	59.0	74.0
	Total	22.9	32.5	59.0	76.6

將各時期各肥料處理土壤之各種無機氮含量扣除對照土壤各該當無機氮含量，並依時序繪之，可見不同用量尿素或裹硫尿素在土壤中之轉化情形，如圖1—1，1—2，2—1，及2—2。

1. 尿素之水解及轉化

由圖1—1及1—2可以推測30°C下尿素在臺北和彰化兩種土壤中之水解均甚迅速；所施尿素在7天內即已幾乎全部水解爲銨態（至少，在氮素用量30mg/100g土壤以下是如此）。Vlek等（1983）報告均勻施用於土壤中之尿素水解速率可以以零次反應敍述，而就若干土壤而言，如果反應時間以天計，甚至可認爲是瞬時反應，可見尿素快速水解之一斑。由莊等（1989）及 Lai et al.（1988）等報告所示臺灣土壤中尿素水解之速率亦可推測本試驗下所施尿素應可於7天內完成水解。

臺北土壤因銨的硝酸化較慢，故有顯著的銨聚積（圖1—1）。此累積的銨在中鹼性 pH 下遂解離爲氨，以致揮散損失。（臺北土壤原屬酸性 pH 4.0，但於本試驗三週前已以碳酸鈣中和至6.1。以此 pH 值加上尿素水解所產生的碳酸銨，預期 pH 值會更爲提高）。銨的聚積亦有反過來抑制硝酸化速率的跡象，亦因此，在多量尿素的施用下氨的揮散損失非常顯著。至於彰化土壤（圖1—2）則因銨的硝酸化速率快，尿素水解後產生之銨迅速轉爲亞硝酸及硝酸，以致銨的聚積不明顯。故彰化土壤 pH 值雖比臺北土壤高出許多，氨的揮散損失卻不顯著，只在多量的尿素的施用下才見有銨的聚積及氨揮散的跡象。翁等（1982）亦曾指出 pH 8.2之土壤施用尿素後之氨揮散損失反較 pH 6.4土壤之同處理氨揮散損失顯著低之實例。可見影響尿素氨揮散之因子除了 pH值外，土壤中銨的硝酸化速率應視爲更重要。

一般而言，土壤中銨的硝酸化速率在酸性（鹽基飽和度低）土壤會受顯著的抑制（橋元1982）。惟上述試驗中，臺北土壤之酸性已經碳酸鈣中和，其鹽基飽和度已提高，但其銨的硝酸化速率卻仍低，值得注意。

本試驗中無論臺北或彰化土壤均於尿素的轉化過程可見顯著的亞硝酸聚積；這種聚積於尿素施用量高時尤爲顯著，而兩種土壤中則以 pH 值較高之彰化土壤最爲明顯。

旱田狀態下土壤中亞硝酸之聚積係由於銨的不完全氧化所致。土壤中銨的硝酸化分爲銨氧化爲亞硝酸及亞硝酸氧化爲硝酸兩個步驟，各由亞硝酸菌（nitrosomonas）及硝酸菌（nitrobacter）擔任。土壤 pH 值之提高固可促進兩種菌的發育，但因亞硝酸菌的發育在鹼性下特佳（據報告，二者之最適 pH 值各爲8.6及7.7），故在石灰質土壤施用多量尿素，並因高溫下尿素之水解迅速，所產生之銨使土壤 pH 值提高的情形下，亞硝酸菌之活性會有高於硝酸菌活性之現象，土壤中游離的氨則會阻礙硝酸菌氧化亞硝酸的能力（坂井1956）。故無論是亞硝酸菌活性受到促進，或硝酸菌活性受到阻礙，均將導致亞硝酸之聚積。

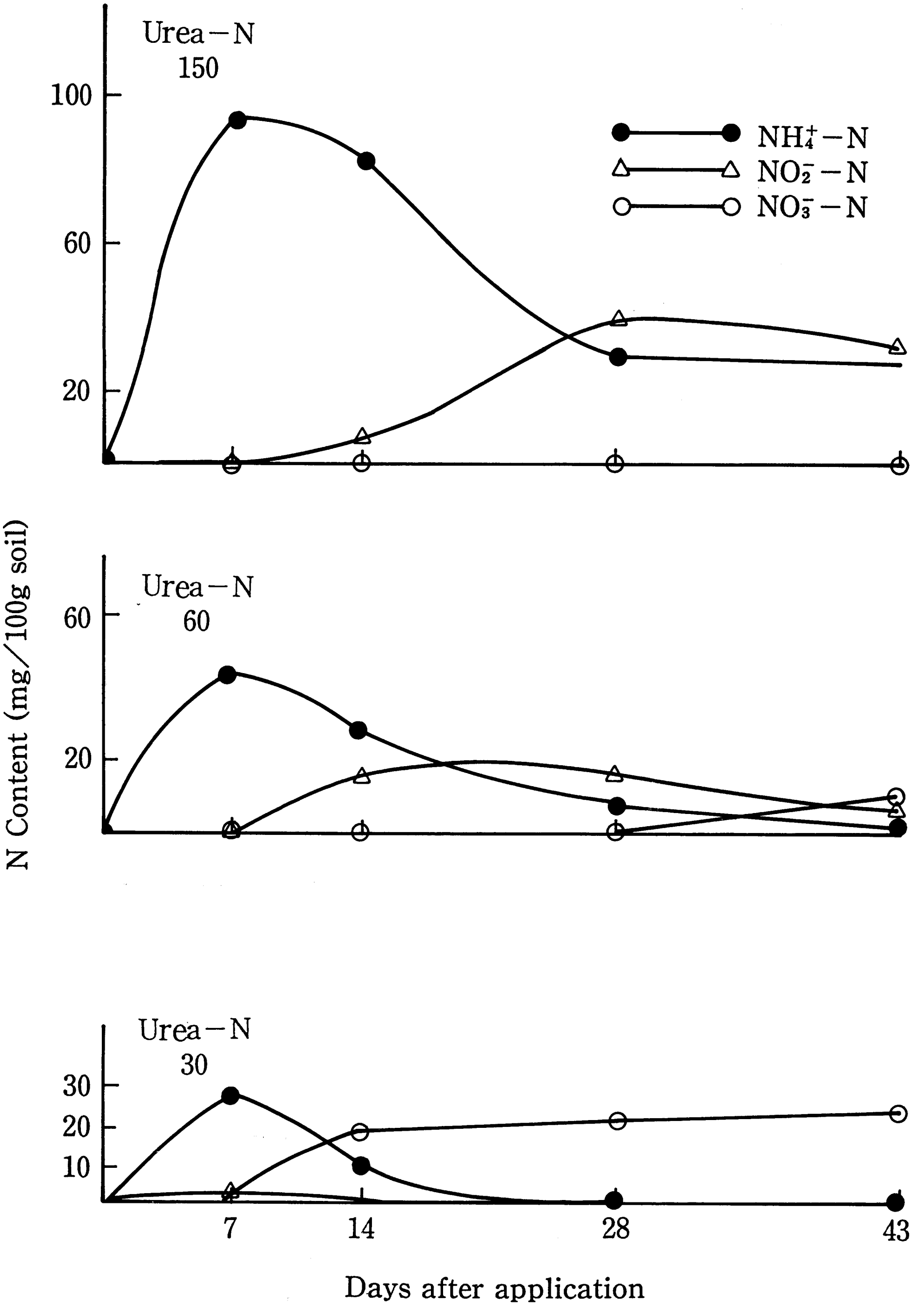


圖1—1 不同用量尿素在臺北土壤中轉化情形

Fig. 1-1. Changes with time of various forms of nitrogen in Taipei soil transformed from urea applied at varied rates.

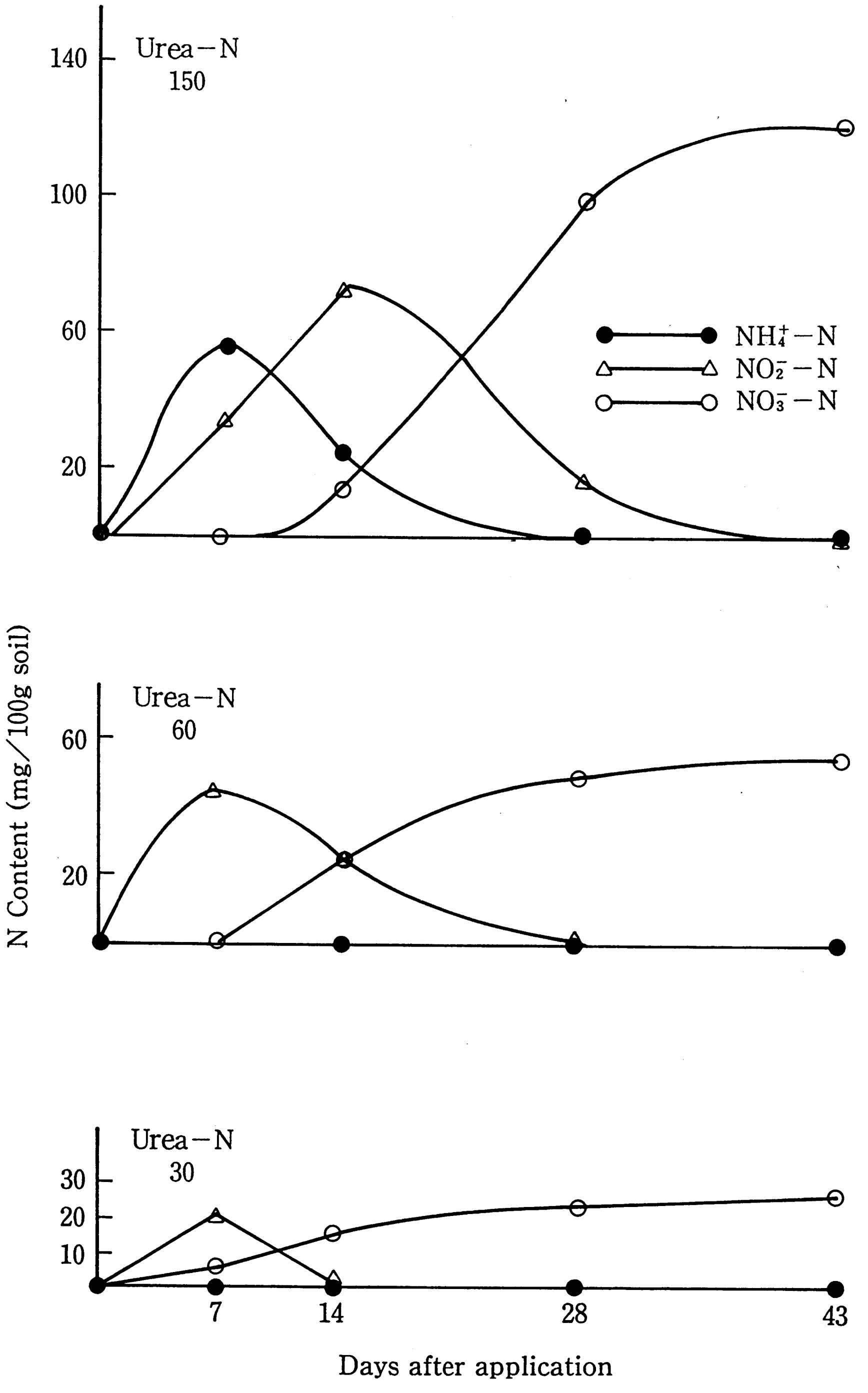


圖1—2 不同用量尿素在彰化土壤中轉化情形

Fig. 1-2. Changes with time of various forms of nitrogen in Changhua soil transformed from urea applied at varied rates.

本試驗中彰化土壤係屬粘板岩沖積土，pH 7.4，石灰含量很豐而臺北土壤雖屬酸性砂頁岩質沖積土，但已於試驗前三週施用石灰使 pH 值提高至6.1。又本試驗土壤中施用尿素後係在30°C下孵育，故尿素之水解迅速。故在尿素用量增加的情形下其 pH 值之提高或土壤中游離氨之產生均可期待，因此導致亞硝酸菌和硝酸菌活性間差異，產生亞硝酸之一時聚積，可以了解。

據報告，過去日本水稻育苗時發生的一種稱爲「Murenae」的生理障礙，即是土壤中施用石灰時未充分混合反應，導致局部 pH 值高，再施用多量尿素時產生之亞硝酸聚積所致，故施用石灰時應充分混合，而尿素用量則宜加節制。

2. 裹硫尿素的氮素釋放與轉化

與上述尿素的水解、轉化情形相異，裹硫尿素的氮素釋放與轉化則顯然和緩甚多（圖2—1及2—2）。

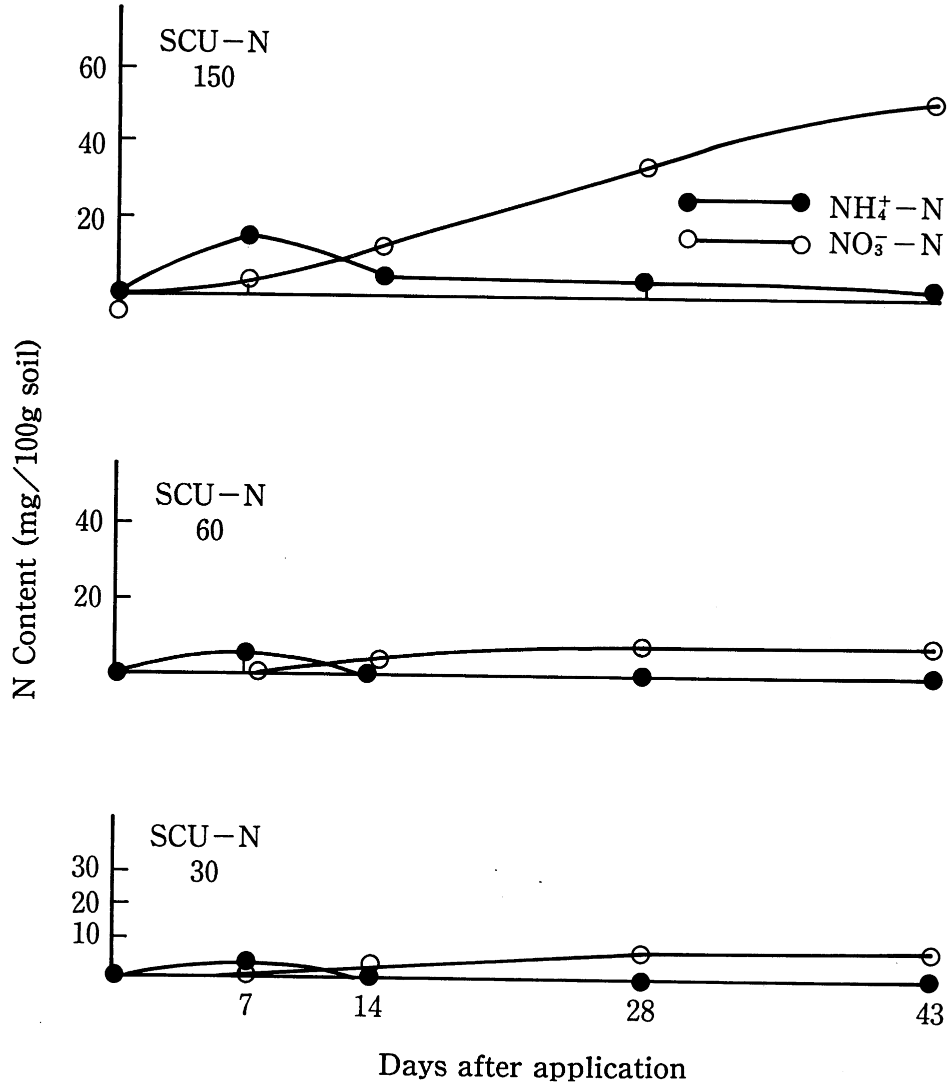


圖2—1 不同用量裹硫尿素在臺北土壤中之釋放及轉化情形

Fig. 2-1. Changes with time of various forms of nitrogen in Taipei soil released and transformed from sulfur coated urea applied at varied rates.

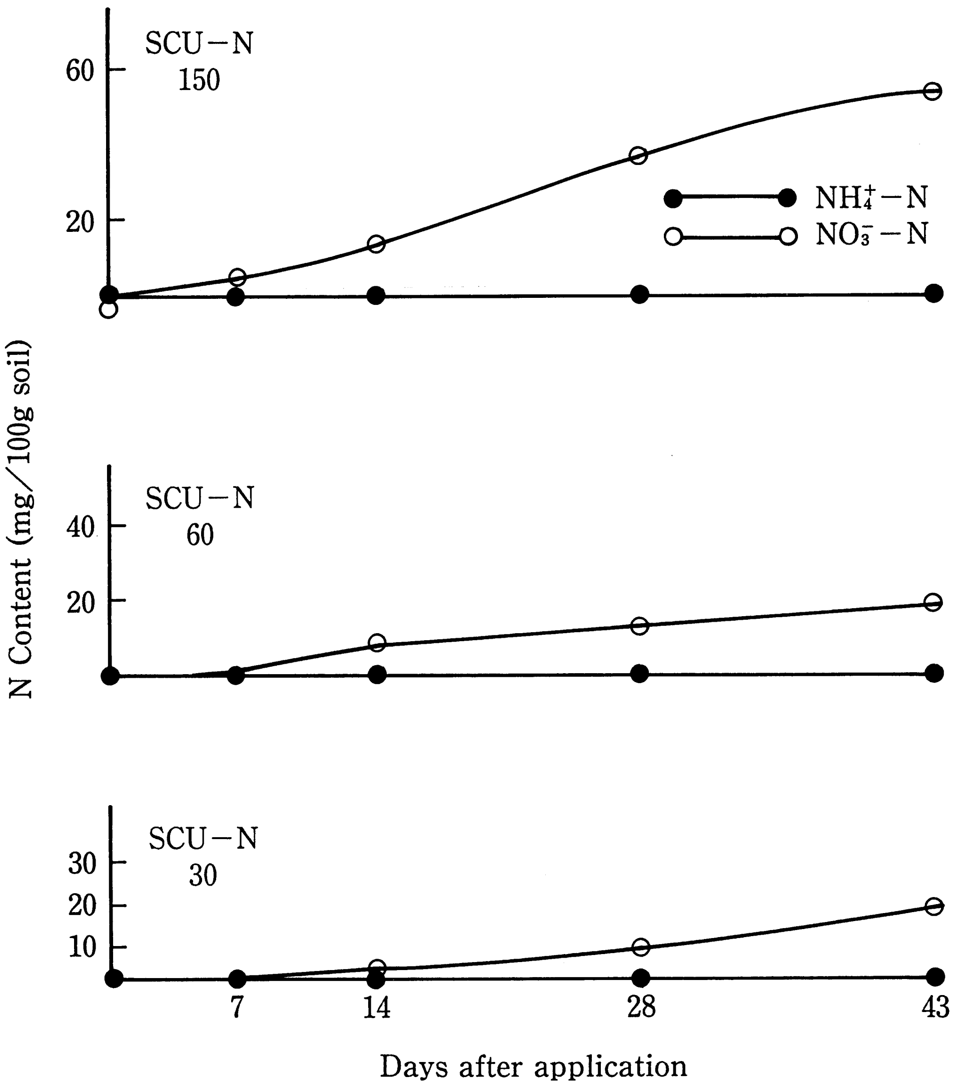


圖2—2 不同用量裹硫尿素在彰化土壤中之釋放及轉化情形

Fig. 2-2. Changes with time of various forms of nitrogen in Changhua soil released and transformed from sulfur coated urea applied at varied rates.

無論彰化或臺北土壤，均無亞硝酸的積聚，而銨的聚積亦較硝酸的聚積低甚多；可見其銨的硝酸化甚爲順利，而無氨揮散機會。其主要原因應與裹硫尿素中之尿素水解和緩有關。由於硝酸化速率和緩而持續，預期其釋放的氮素可有效爲作物吸收利用，而土壤中硝酸之淋失機會則預期很少。可見裹硫尿素的氮素釋放模式甚優於尿素，有利於作物吸收利用。

由以上試驗結果可見，高溫下，尿素之水解迅速；此時如銨之硝酸化速率不夠迅速則有顯著的銨聚積，而 pH 如夠高，則有氨之揮散。石灰性土壤由於銨的硝酸化速率一般都高，故其施用尿素後之氨揮散損失反較酸性土壤經施石灰中和酸性後施用尿素者爲低。此種現象與一般水田中鹼性土壤較酸性土壤易發生氨揮散之情形不同。

又硝酸化過程中亞硝酸菌與硝酸菌乃有前驅者與後繼者之別，後者的活性常受前者所左右，因

此易產生銨氧化爲亞硝酸與亞硝酸氧化爲硝酸之速率間差異。此種差異在銨之濃度高時尤爲顯著，故在石灰質土壤施用多量尿素時有顯著的亞硝酸聚積，宜加注意。本試驗所設尿素用量處理甚高，超過一般用量，但鑑於肥料之施用方式以條施爲多，局部土壤中所施肥料濃度很高亦是常見。故本試驗之處理有其實際意義，但上述試驗結果尙需田間實際印證。

裹硫尿素因尿素之溶出和緩，故無論用量多寡均無氨揮散或亞硝酸之聚積等現象。

3. 氮轉化模式之測試結果

由尿素與裹硫尿素孵育試驗之模擬結果可以看出 CERES-Maize 中之氮轉化模式對於較低尿素施用量而沒有氨揮散之土壤的氮素轉化模擬尙佳，但對於高尿素施用量氨揮散較強的土壤則表現差（圖3—1，3—2）。此爲原來氮模式並未考慮如本試驗之高氮肥施用量，如每公頃土壤以100萬公斤計，高達1,500kg/ha（即150mgN/100g土）之故。另外，由於一般土壤中NO_2^--N之量極低，因此模式設定硝化作用僅爲 $NH_4^+ \rightarrow NO_3^-$ 之單一反應步驟，而由本次高氮肥施用量之孵育結果顯示

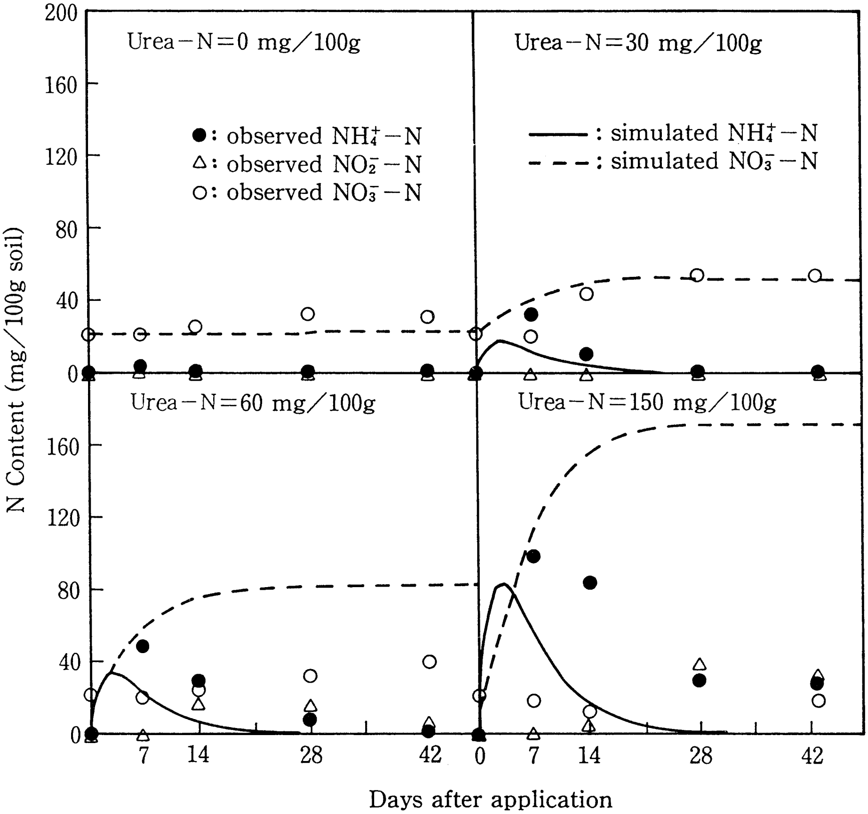


圖3—1．不同用量尿素在臺北土壤中之轉化情形與模擬結果

Fig. 3-1. Comparison of the simulated and observed nitrogen transformation of urea applied at varied rates in Taipei soil.

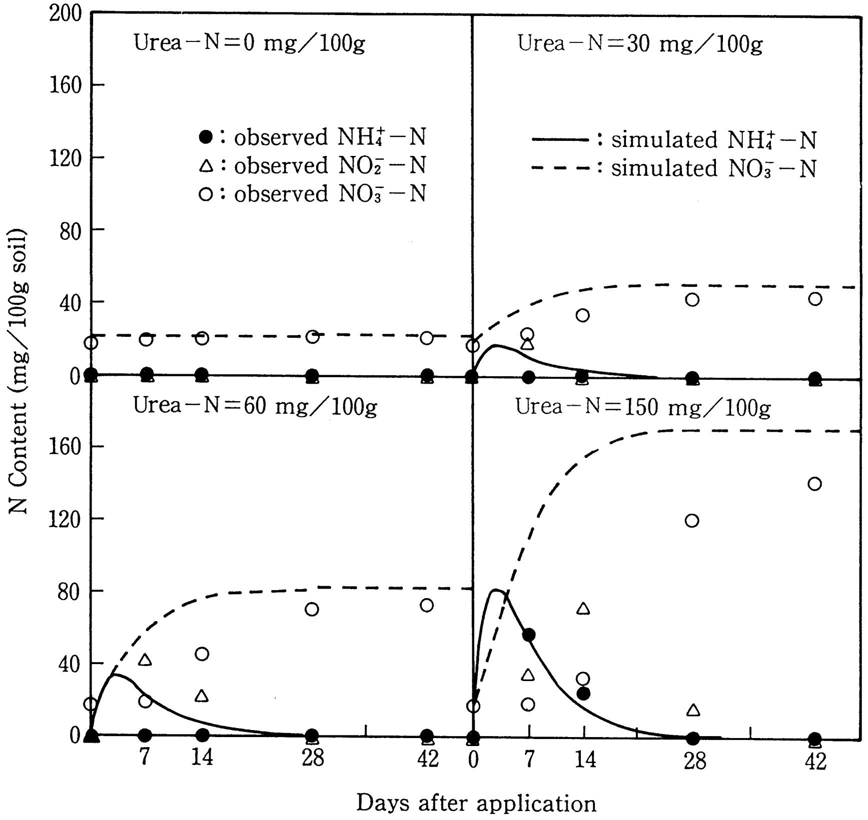


圖3—2. 不同用量尿素在彰化土壤中之轉化情形與模擬結果

Fig. 3-2. Comparison of the simulated and observed nitrogen transformation of urea applied at varied rates in Changhua soil.

，無論在臺北或彰化土壤均有NO_2^--N累積之現象，此爲模式未能模擬者，亦導致NH_4^+-N與NO_3^--N模擬值之誤差。而在裹硫尿素之模擬，則因其水解緩和，銨的轉化順暢，雖然施用量高亦無氨揮散與 NO_2^--N 之聚積，因此在目前孵育試驗期間內模擬結果甚佳（圖4—1，4—2）。另外，由模擬結果估算出裹硫尿素之水解速率約爲尿素水解之2%。由本次模擬結果推論 CERES-Maize 中之土壤氮素轉化模式應用於臺灣土壤低於300kg/ha（即30mgN/100g土）之尿素一氮施用量或任何用量之緩效性氮肥之氮素轉化模擬應有其適用性，但有待更多的試驗數據作進一步的驗證。因尿素肥料之表施或條施均可導致局部土壤之尿素用量增高，而中鹼性土壤中如有銨之累積，氨之揮散勢所難免，故在氮模式中涵蓋氨揮散之機制實有需要，有待考量。至於不同特性土壤中，更精確的NH_4^+-N與NO_3^--N動態變化模擬，亦待整合更多的試驗結果以進行模式氮轉化機制之修正。惟要求模擬準確而導致模式之複雜性，則應視應用需求的目的而有斟酌。

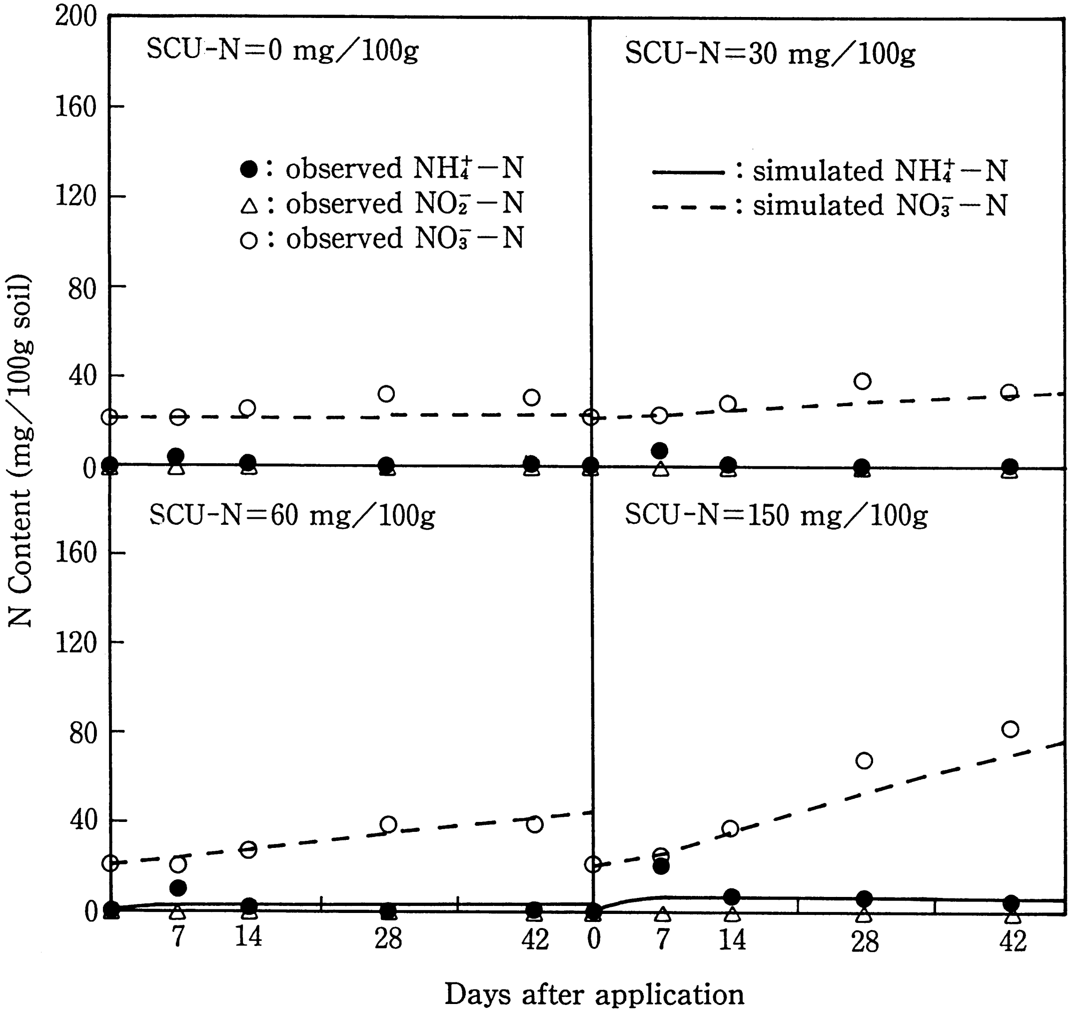


圖4—1. 不同用量裹硫尿素在臺北土壤中之轉化情形與模擬結果

Fig. 4-1. Comparison of the simulated and observed nitrogen transformation of sulfur coated urea applied at varied rates in Taipei soil.

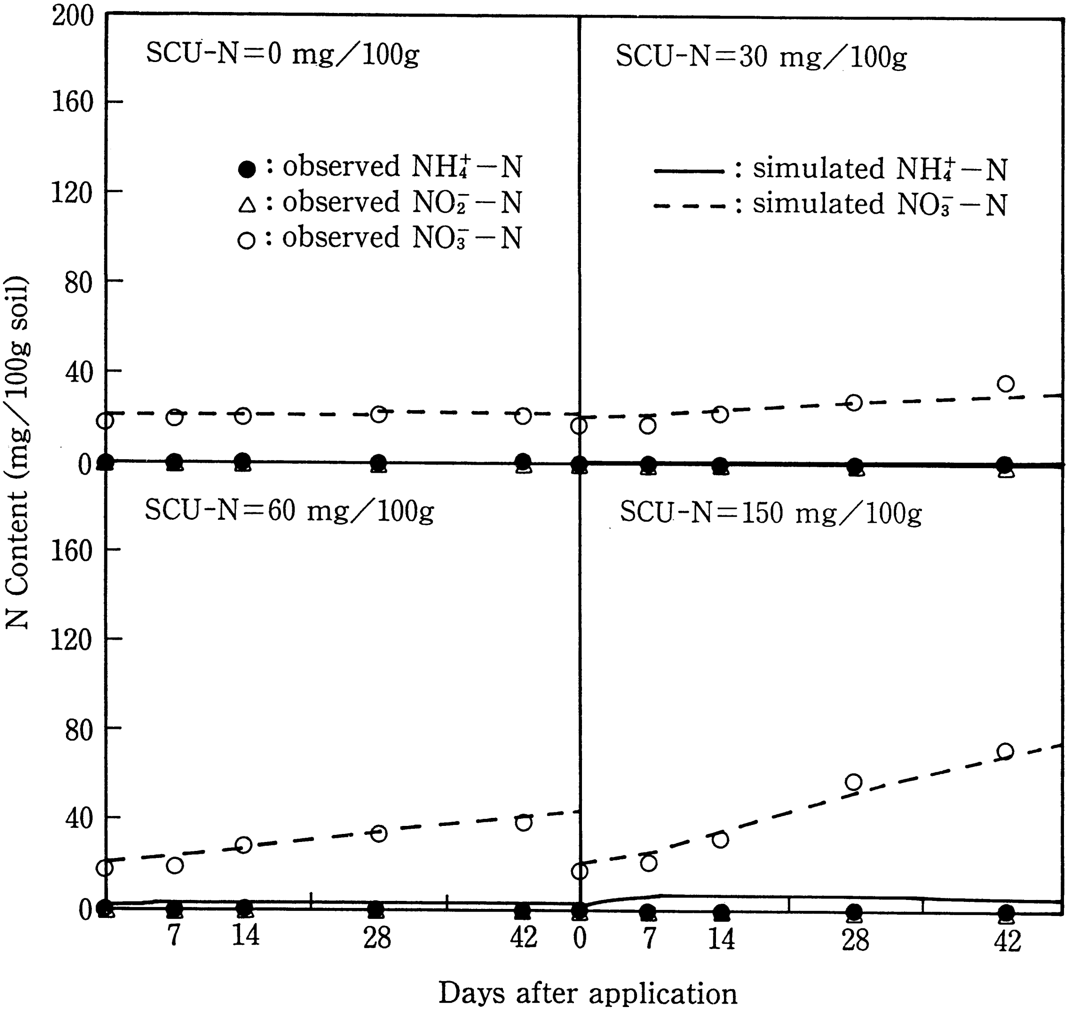


圖4—2. 不同用量裏硫尿素在彰化土壤中之轉化情形與模擬結果

Fig. 4-2. Comparison of the simulated and observed nitrogen transformation of sulfur coated urea applied at varied rates in Changhua soil.

參考文獻

江景村、楊基城 1969。土壤中各種形態氮素之微量擴散分析法。中國農業化學會誌 7：1，2（1—4）。

坂井弘 1956。土壤の亞硝酸集積條件に關する研究。北海道農業試驗場彙報 71：21—31。

李蘭帝 1966。大量植物樣本氮磷鉀的迅速測定法、農業研究 15：21（1—5）

李蘭帝 1968。擴散法在硝酸氮定量上的應用。農業研究 17：2（1—2）

連深、鄭榮賢、蘇春濤 1977。省產裹硫尿素及硫酸銨簡化施肥法在不同水田之肥效。臺灣農業季刊 13：2（135—148）。

莊作權、趙震慶、黃芸青 1989。土壤環境因子對尿素轉化作用之影響。農林學報 38（1）：1—14。

翁銅河、詹元祜、王傳釗 1982。尿素在蔗田土壤中揮發氨損失之研究。臺灣糖業研究所 研究彙報 99：35—46。

鄭榮賢 1975。緩效性肥料在本省農業上之利用價值。土壤肥料試驗報告：26—34。臺灣省政府農林廳。

橋本武 1982。酸性土壤と作物生育。第二章之2。施肥による酸性化 p. 21。養賢堂，東京。

Bremner, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. Pages 1219—1223 in C. A. Black et al., ed. Methods of Soil Analysis, Part 2. The American Society of Agronomy.

Jones, C. A., and J. R. Kiniry (eds.). 1986. CERES-Maize: a simulation model of maize growth and development. Texas A & M University Press, College Station, Texas, USA.

Ku, T. Y. 1987. The supply and management of fertilizers and pesticides in the Republic of China. Council of Agriculture, Executive Yuan, R. O. C.

Lai, C. M. and K. H. Houng. 1988. A study on the measurement of urease, phosphatase and dehydrogenase activities in soils. Bull. Inst. Chem. Acad. Sin. (Taiwan, R. O. C.) 35：79—96.

Lin, C. F. 1990. A report on a visit to the R. S. A to develop a model for nitrogen transformation in soils. Department of Soil Science. Natinal Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, R. O. C.

Vlek, P. L. G. and M. F. Carter. 1983. The effect of soil environment and fertilizer modifications on the rate of urea hydrolysis. Soil Science 136(2)：56—63.

Studies on Urea Transformation in Soils Under Upland Condition.[1]

S. Lian[2] and C. L. Chen[2]

Abstract

The Patterns of urea transformation in soils under upland condition were studied in laboratory.

The soils studied were: (1) an acidic Taipei sandstone and shale alluvial soil (Dystrochrepts) with pH 4.0 (the pH, however, was adjusted to 6.1 by $CaCO_3$ before the experiment), and (2) a calcareous Changhua slate alluvial soil (Haplaquepts) with pH 7.4. Ninety grams each of soils placed in 100 CC-beaker was applied, respectively with different rates of nitrogen (corresponding to 0, 30, 60 and 150mg/100g soil) in the forms of urea and sulfur coated urea, mixed thoroughly and incubated under 30°C. The soil moisture was kept at ca. 50% of the saturation capacities of soils. The contents of ammonium, nitrite and nitrate in the soils were measured at 7, 14, 28 and 43 days after application.

1. The hydrolysis of urea in the soils under 30°C was quite fast that all of the urea-N was transformed into ammonium within 7 days after application.
2. The rate of nitrification in Taipei soil was so slow that there was significant accumulation of ammonium at 7 days after application and loss of ammonia was most signigicant under high rate of urea application. On the other hand, the rate of nitrfication in Changhua soil was so fast that there was almost no ammonium accumulated in the soil, except under very high rate of application.
3. As the rate of transformation of nitrite to nitrate was less than that of ammonium to nitrite under higher pH, the accumulation of nitrite was significant in Changhua soil during the period 7—14 days after urea application. The accumulation even prolonged under high rate of application.
4. The transformation of ammonium to nitrate was very smooth and there were neither indication of ammonia evaporation nor trace of nitrite accumulation in the soil applied with sulfur coated urea even under high rate of application. The slow dissolution of urea from the fertilizer was attributed to this phenomenon. The patterns of nitrogen release in the soil with sulfur coated urea were apparently superior than that with prilled urea for the uptake by crops.
5. The simulation of the data obtained under low rates of urea application in CERES-Maize N model was rather appropriate, but that of the data obtained under high rates was not. The volatilization of ammonia from soil was not considered in the model. Due to the fact that ammonia volatilization is significant under high rate of urea application, the modification of the model to include such mechanism seems necessary.

Key words : upland, soils, nitrogen, transformations.

---

1. Contribution No. 1621 from Taiwan AgriculturalResearch Institute. This study was supported in part by a grant (NSC 80-0409-B-055-04) from National Science Council, Executive Yuan, R.O.C.
2. Soil Scientist and assistant, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, R.O.C.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(2)：201～215（1992）

稻穀平衡相對濕度物性影響因子之研究[1]

陳 加 忠　　曹 之 祖[2]

摘要：此研究中量測在五個溫度範圍下兩品種稻穀，糙米與白米之平衡相對濕度之物性。三種穀物產品之適稱 ERH 模式參數值均列舉於此研究中。研究結果顯示稻穀具有遲滯性質，但其數值皆低於1.0%。樣本乾燥處理溫度的影響則十分顯著。研究結果與文獻資料比較可知測定方法，測定方法，測定人員技術與測定品種對稻穀，糙米與白米 ERH 物性並無顯著之影響，由此證實建立汎用穀物 ERH 模式的可行性。

關鍵詞：稻穀，糙米，白米，平衡相對濕度

農產品平衡含水率與平衡相對濕度之物性關係在加工作業之乾燥，儲存，通風等設計研究上爲必備之資料。近年來，以平衡相對濕度與儲存溫度兩項變數可建立預測種子儲存活力的汎用公式(5)。由於平衡相對濕度量測技術的開發，使得研究人員得以於短時間內量測大量且準確的數據。利用此種方法已完成國內數種農產品的物性量測(3,4)。

許多因子影響平衡相對濕度的物性，Neuber 氏(14)曾列舉各種可能影響的原因，並建議必須有一種能於短時間量測大量數據的方法，用以比較各因素對此物性之影響。新開發的「平衡相對濕度依序量測法」提供了此種機會(7)。

稻穀爲一種複合成份的農產品。其加工產品包括糙米（Brown rice）與白米（White rice），完整的平衡相對濕度物性研究應該包括此三種稻穀產品之量測，其溫度範圍應涵括加工作業之溫度，而其加工歷程之影響（去濕性與加濕性）亦需加以考慮。在國外的相關研究中，大多數資料僅爲在定溫環境下量測少數的數據(6,8,9,11,13,16,17)。已有包括數個溫度下量測之數據並未能合乎完整性之要求，亦未曾探討研究各影響因子對於此物性之影響(12,15,18)。國內在此方面的研究曾有張氏(1)在三溫度下的吸濕與去濕數據。陳氏等人(3)曾對於在熱風乾燥（50～55°C）所處理之穀物量測其5～45°C範圍下之吸濕與去濕數據，並建立評估適用之模式。由於稻穀爲爲本省主要生產的農作物，完整的相對濕度平衡含水率與溫度的關係物性與各影響因子對此物性之影響實有建立的必要。

此研究之目的如下：

1. 量測稻穀，糙米與白米在五種溫度下其含水率與平衡相對濕度之關係。
2. 量測比較上述作業中吸濕（Desorption）與去濕（Adsorption）之物性。
3. 量測比較品種，乾燥溫度對稻穀 ERH 物性之影響。
4. 比較量測數據與前人研究之資料。
5. 評估適用之平衡相對濕度模式和其參數。

---

1. 臺灣省農業試驗所研究報告第 1622 號。
2. 本所農工系副研究員，技士。

材料與方法

一、實驗材料

所用材料包括兩種稻穀品種和加工後之糙米，白米。

(一)稻　穀：

臺農67號品種去濕量測樣本在25°C環境下置於飽和鹽所形成之環境空間使其失去水份，再進行量測。加濕物性測定所用之樣本在25°C環境下與乾燥劑同置於密閉容器內，待其水份降至極低後，再加以調整至預定之含水率。另一測定品種爲秈稻臺農2號，其去濕物性量測樣本係利用50°C熱風乾燥至預定含水率。加濕物性量測樣本則以50°C熱風乾燥至極低水份含量後再加水調製至預設含水率。

(二)糙米與白米：

此兩種稻穀產品均在稻穀於16%（d.b.）含水率時加工而成，其碾製處理係於民間碾米廠加以執行，其樣本以50°C熱風調製至低含水率，高含水率區樣本則加水調製。糙米之最初含水率爲17.7%，白米之最初含水率爲18%。完成含水率調製之樣本均存放於250ml 之塑膠瓶內加以密封儲存一個月以上使其含水率達到平衡，高含水率之樣本於存於3°C之冷藏環境以避免發霉。

二、相對濕度感測器

此研究所用的相對濕度感測器有兩種：Vaisala HMD 30 US 與Rotronic Ⅰ—100型，感測器均建立校正方程式[3]。

三、平衡相對濕度之量測

此研究採用方法介紹如下：

將已知固定含水率之標本置於樣本容器內，濕度感應元件置於樣本之間，元件之外有保護蓋以避免與穀粒接觸而損傷。整個容器形成一密閉系統。系統在達到平衡狀態時，農產品間隙內之空氣與穀物達到溫、濕度平衡，由感應元件所量測之空氣溫濕度即代表穀物之溫度與平衡相對濕度，樣本容器置於恆溫控制箱內，在到達第一設定溫度平衡時，量測記錄此溫濕度讀出值，然後調整恆溫室至下一階段溫度。在第二階段設定溫度下達到平衡之後，記錄溫濕度而再調整至第三階段設定溫度。經由此依序調整和量測方式，可在短時間內量測大量之平衡相對濕度數據，所得讀出 ERH 值再由已建立之校正方程式轉換爲眞實值。此研究量測溫度有五種（5，15，25，35，50°C），相對濕度之量測範圍爲10～95%。

四、平衡相對濕度模式

此研究中探討四個 ERH 模式對各種產品平衡相對濕度數據之適稱性，模式描述如下：RH 爲相對濕度（小數點），M 爲含水率（%，乾基），T 表示溫度（°C），A，B，與 C 爲常數

(一)修正 Henderson 式

$$RH=1-\mathrm{Exp}\left(-A\ (T+C)M^{b}\right)$$

(二)Chung－Pfost 式

$$RH=\mathrm{Exp}\left(\frac{-A}{T+C}\mathrm{Exp}(-BM)\right)$$

(三)修正 Oswin 式

$$RH=\frac{1}{\left(\frac{A+BT}{M}\right)^{c}+1}$$

(四)修正 Halsey 式

$$RH=\mathrm{Exp}\left(\mathrm{Exp}\ (A+BT).M^{-c}\right)$$

五、模式適稱性評估

以非線性迴歸技術評估四模式對各組數據之適稱性，其評估定量標準爲標準差 S. E., P, 與 RMS 值，定性標準爲殘差分佈圖。各標準之定義和計算公式如下。

$$P=\frac{100}{N}\ \Sigma\left|\frac{y-y}{y}\right|$$

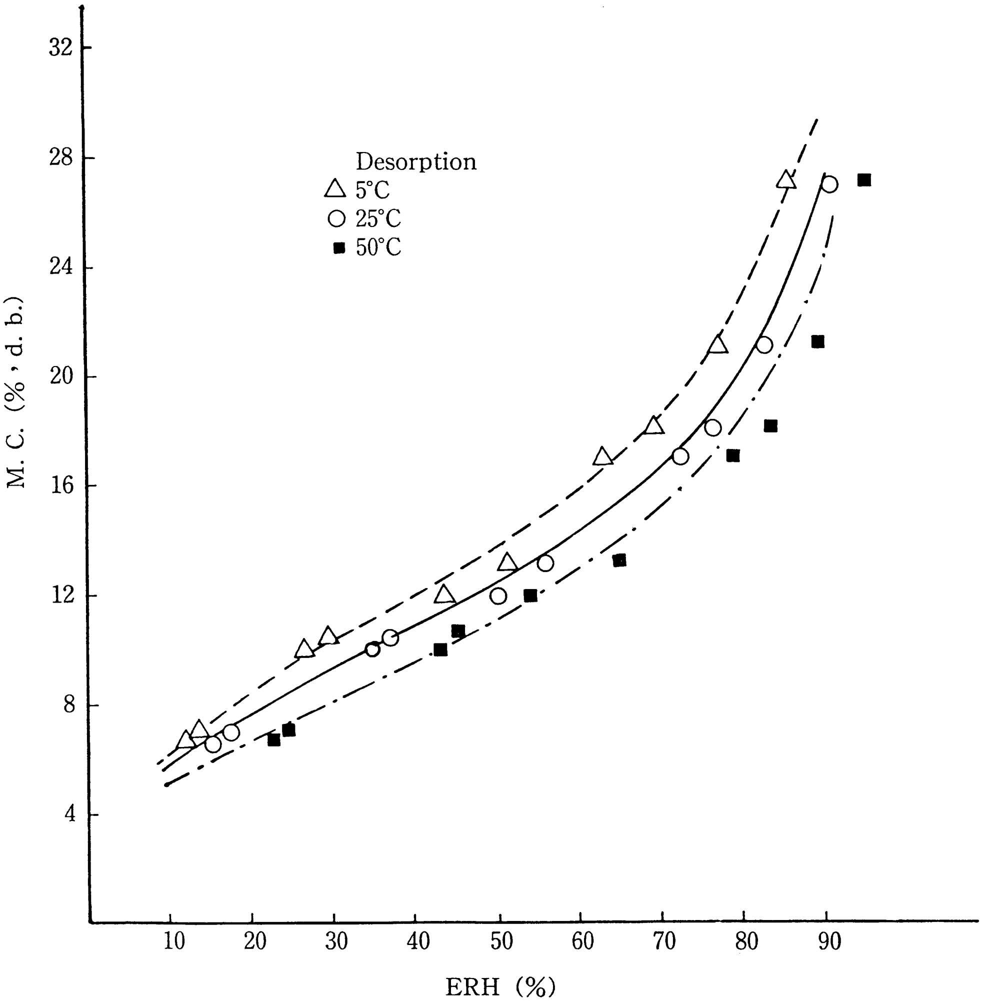
$$RMS=\left[\frac{1}{N}\ \Sigma\ \left(\frac{y-\hat{y}^2}{y}\right)\right]^{0.5}\times 100$$

N 爲數據數目，y 爲量測值，ŷ 爲模式預測值

結果與討論

一、稻穀 ERH/EMC

稻穀臺農67號以25°C乾燥處理之去濕數據如圖一所示。在固定溫度下，農產品之平衡含水率與相對濕度之關係曲線稱爲等溫水份線。等溫水份線受溫度的影響主要在 RH 中間範圍。



圖一　稻穀之25°C乾燥去濕數據

Fig 1. Desorption data of rough rough rice dried at 25°C

四種 ERH 模式對於去濕與吸濕數據之適稱性比較結果與各參數值列於表一。由殘差圖分析可知修正 Halsey 式不適用稻穀之 ERH 物性數據。在適用的三個 ERH 模式中，其定量標準並不一致。去濕數據以修正 Herderson 式最佳，吸濕數據則無法有一致之結果，修正 Oswin 式之 R^2 最高，S. E. 值最低，但其 P 與 RMS 值則高於 Chung-Pfost 式之結果。以修正 Herderson 公式迴歸模式之預測曲線與量測數據之分佈比較如圖一，曲線分佈與數據有良好符合性。

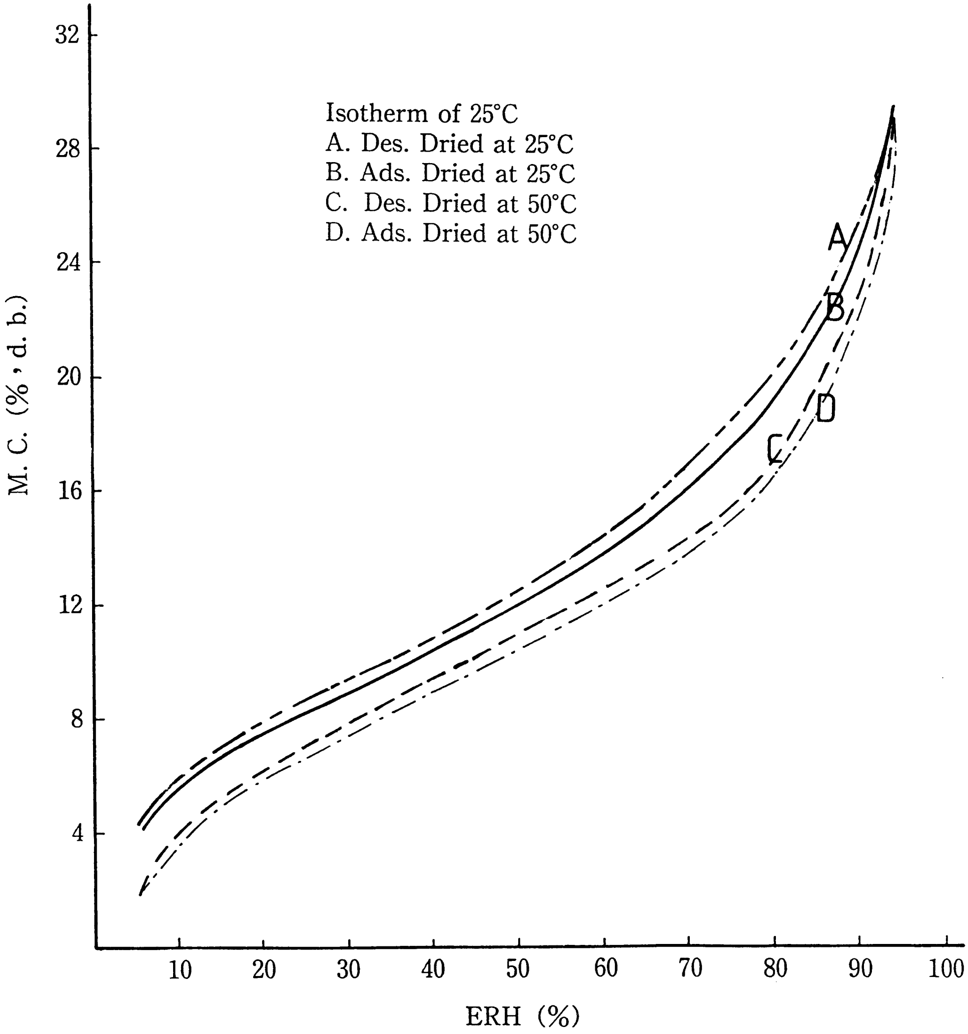
表一　稻穀臺農67號吸濕與去濕數據四 ERH 模式之估計參數和比較標準

Tale 1. Estimated parameters and comparison criteria for four ERH models of sorption data for rough rice (Tainun 67 dried at 25°C)

	Modified -Henderson	Chung -Pfost	Modified -Oswin	Modified -Halsey
Desorption				
A	6.2576×10^{-5}	431.78	14.086	4.84
B	1.9467	0.1678	-6.795×10^{-2}	1.2358×10^{-2}
C	57.038	54.07	2.9219	1.9868
R^2	0.994	0.992	0.9913	0.975
SE	2.04	2.34	2.48	4.23
P	3.93	4.23	5.28	10.0
RMS	5.80	6.57	7.86	14.05
Plot	U. S.	U. S.	U. S.(1)	Pattern(2)
Adsorption				
A	8.7663×10^{-5}	445.17	13.117	4.443
B	1.8125	0.1575	−0.677	-1.0886×10^{-2}
C	61.43	71.386	2.6074	1.8611
R^2	0.981	0.987	0.989	0.981
SE	3.45	3.09	2.67	3.08
P	6.08	4.58	5.72	6.68
RMS	8.38	6.18	2.03	9.58
Plot	U. S.	U. S.	U. S.	Pattern

1. U. S：Uniformly scattered point in the residual plot.
2. Pattern：A systematic pattern in the residual plot.

利用50°C乾燥處理之樣本其 ERH 物性已完成量測[4]，兩種不同處理溫度（25，50°C）在常溫（25°C）環境下其吸濕與去濕之等溫水份線比較如圖二所示。兩種處理溫度下之等溫水份線都有遲滯效應存在，但其數值不高，在同一相對濕度下，加工歷程對平衡含水率之影響約為0.5～1.0%左右。在已有之文獻資料中，僅有 Putranon 等人[15]對於澳洲長稻與短稻曾進行詳細之遲滯物性研究，而其結果顯示兩種形狀，品種相異之稻穀，在同一相對濕度情況下其平衡含水率遲滯性質最大差異皆小於1.0%，此差異數值與此研究所得結果十分相近。



圖二 乾燥溫度對稻穀等溫水份線之影響

Fig 2. The effect of the dried temperatures on the isotherms of rough rice.

由圖二可知，以50°C處理之稻穀，其等溫水份線低於以25°C溫度處理之稻穀。此現象顯示在同一相對濕度下，稻穀乾燥溫度愈高，其持水性愈低，在量化數值方面，其差異值約爲2.5%～3.0%，在60～80%RH範圍時差異最大。由此可知遲滯因素對於等溫水份線之影響低於乾燥溫度。

在稻穀加工倉儲作業中，以 RH 65%時對應之平衡含水率爲安全儲存含水率[2]以自然乾燥之稻穀，其65% RH 對應之含水率約爲13%（濕基），而以乾燥機乾燥之穀粒，65% RH之相應含水率爲11.7%（濕基）。由此可知在決定稻穀長期儲存安全含水率之標準時，可由等溫水份線以瞭解乾燥溫度的影響。

秈稻臺農2號以50°C處理樣本的去濕與加濕數據，其四 ERH 模式適稱性之比較如表二所示。以適稱模式繪製成等溫水份線與臺農67號之結果互加比較，結果顯示兩品種的等溫水份線在60% RH範圍下近乎重合，即表示無差異值存在，在60% RH 以上，同一相對濕度環境則秈稻臺農2號有較高之平衡含水率，但差異值均在1.0%以內。

表二 秈稻臺農2號吸濕與去濕數據四 ERH 模式之估計參數和比較標準

Tale 2. Estimated parameters and comparison criteria for ERH models of sorption data for rough rice (Tainun Sun NO.2 dried at 50°C)

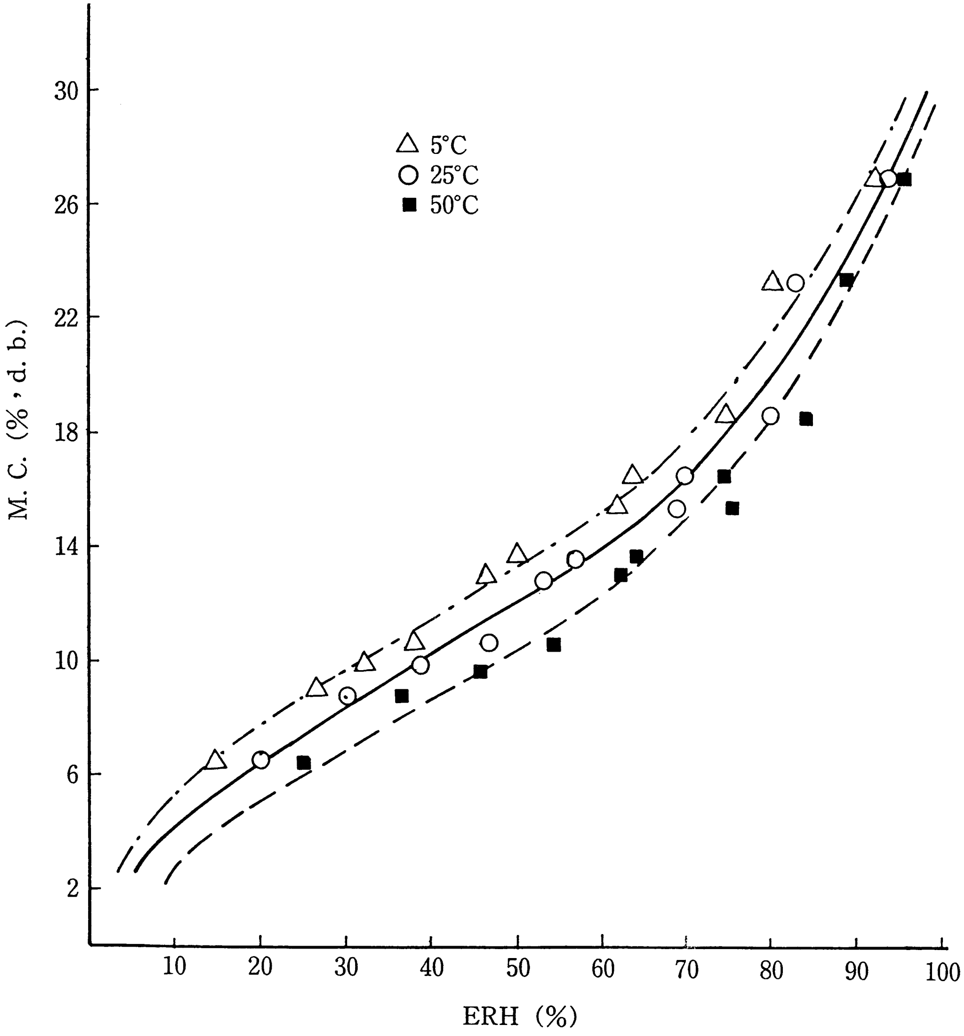
	Modified -Henderson	Chung -Pfost	Modified -Oswin	Modified -Halsey
Desorption				
A	1.1891×10^{-5}	518.53	11.86	4.49
B	1.7030	0.1704	-4.666×10^{-2}	8.72×10^{-2}
C	77.884	96.493	2.470	2.006
R^2	0.9805	0.984	0.990	0.993
SE	3.768	3.423	2.710	2.280
P	5.810	4.960	3.820	3.870
RMS	8.00	6.69	4.840	6.520
Plot	Pattern	U. S.	U. S.	Pattern
Adsorption				
A	1.2434×10^{-2}	462.83	12.3608	4.403
B	1.674	0.1586	-5.40725×10^{-2}	-1.018×10^{-2}
C	69.24	85.85	2.3704	1.911
R^2	0.982	0.982	0.992	0.976
SE	3.761	3.753	2.527	4.272
P	11.86	10.27	10.12	20.43
RMS	18.40	15.84	19.76	34.06
Plot	U. S.	U. S.	U. S.	Pattern

二、糙米與白米 ERH 物性

白米在三個溫度下其 ERH/EMC 關係如圖三所示，其等溫水份線呈現S 型曲線，溫度對曲線分佈之影響主要在於40～70% RH 範圍。糙米之等溫水份線分佈性質與白米十分類似。

在此研究中，白米與糙米於25°C時最初平衡相對濕度約爲70%，量測之樣本部份加水因此爲吸濕曲線，部份乾燥因此爲去濕曲線，由於樣本原先以穀粒材料由50°C熱風在乾燥機進行乾燥後，再進行碾米與精白，可謂加工作業全程皆受到熱風溫度所影響，由於在熱風乾燥後之穀粒其遲滯性質並不顯著[3]，此研究對糙米與白米所量測的 ERH 物性雖然包括吸濕與去濕歷程，在實用性上並無差異。

四個 ERH 模式對糙米與白米 ERH/EMC 五溫度下之數據的適稱性能比較與參數合計値如表三所示。如同稻穀之比較結果，修正 Halsey 式不適用此種農產品。對糙米而言，適用的三模式中其量化標準無最佳模式。對白米而言，Chung-Pfost 式爲最佳模式，其預測曲線如圖三示。



圖三 白米之去濕數據

Fig 3. Desorption data of white rice

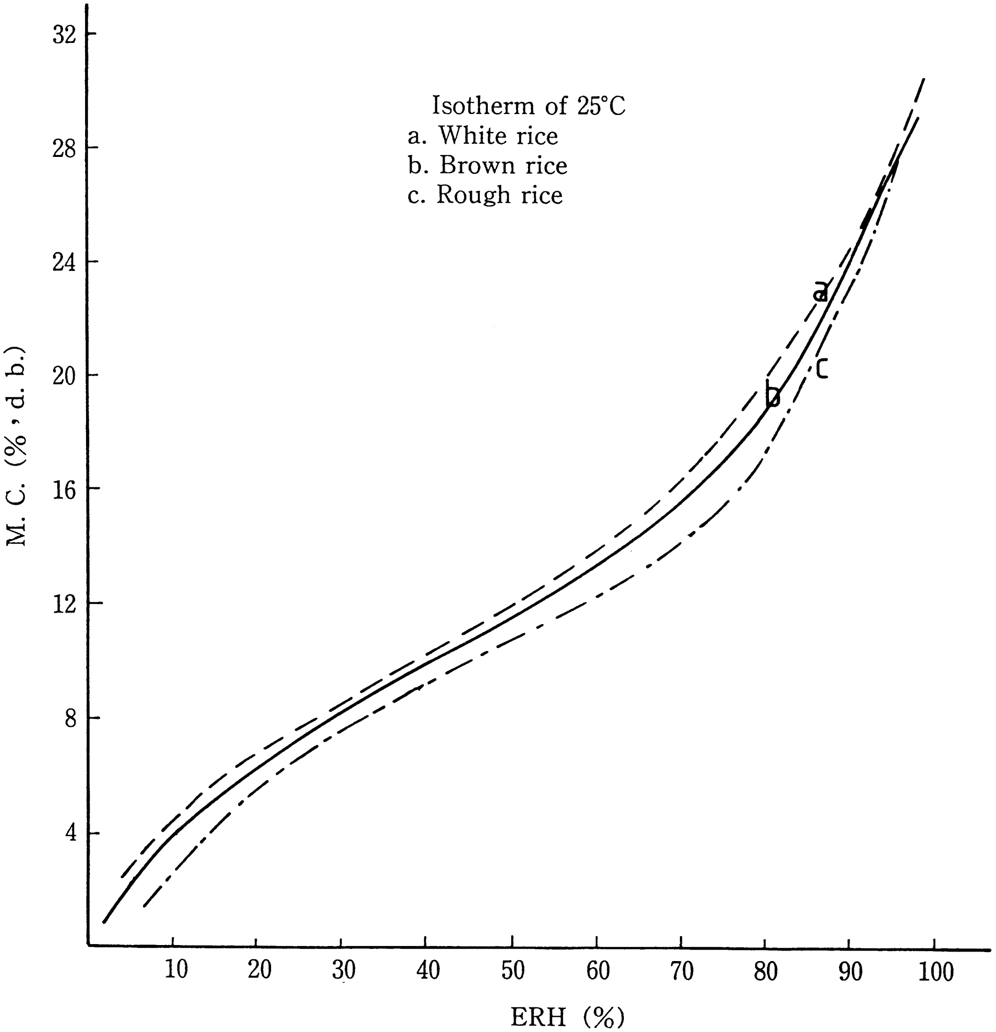
表三 稻穀臺農67號吸濕與去濕數據四 ERH 模式之估計參數和比較標準

Tale 1. Estimated parameters and comparison criteria for four ERH models of sorption data for brown rice and white rice (Tainun 67 dried at 25°C)

	Modified -Henderson	Chung -Pfost	Modified -Oswin	Modified -Halsey
糙 米				
A	3.7475×10^{-5}	546.265	12.8924	4.485
B	2.0470	0.1729	-4.866×10^{-2}	-8.627×10^{-2}
C	87.080	74.481	2.8841	1.898
R^2	0.9897	0.9908	0.989	0.9712
SE	2.5270	2.391	2.64	4.22
P	5.1570	6.073	6.54	12.735
RMS	8.50	9.63	9.97	18.60
Plot	U. S.	U. S.	U. S.	Pattern

白 米				
A	8.5224×10^{-5}	431.63	13.733	4.847
B	1.7560	0.1501	−0.677	-1.0205×10^{-2}
C	79.1167	76.269	2.6528	2.022
R^2	0.9833	0.9856	0.9892	0.992
SE	3.149	2.92	3.26	7.48
P	4.683	4.29	5.05	12.26
RMS	5.640	5.45	6.80	14.05
Plot	U. S.	U. S.	U. S.	Pattern

以相同樣本處理溫度（50°C）之三種稻穀產品其等溫水份線的比較如圖四。在相同的平衡相對濕度條件下，白米的吸水性最強，糙米次之，而稻穀最小。此現象可由其組成成份加以說明，糙米之含油量高於白米，而油質成份之吸水性幾乎不存在，因此持水力低於白米。稻穀含有稻殼，稻殼其主要組成成份纖維質降低了吸水性能。



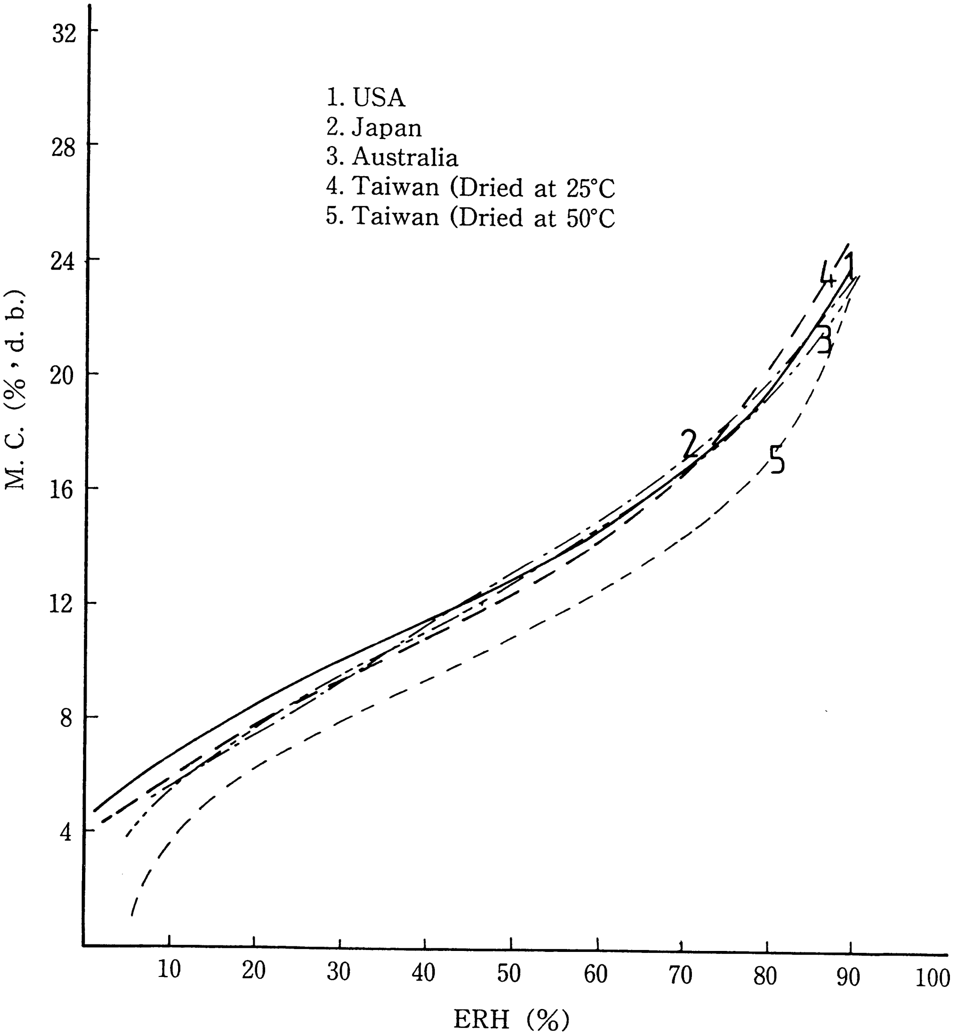
圖四　三種稻穀產品稻穀等溫水份線之比較

Fig 4. Comparison of the sorption isotherms three products of rice

三、與已知之文獻數據之比較

(一)稻 穀

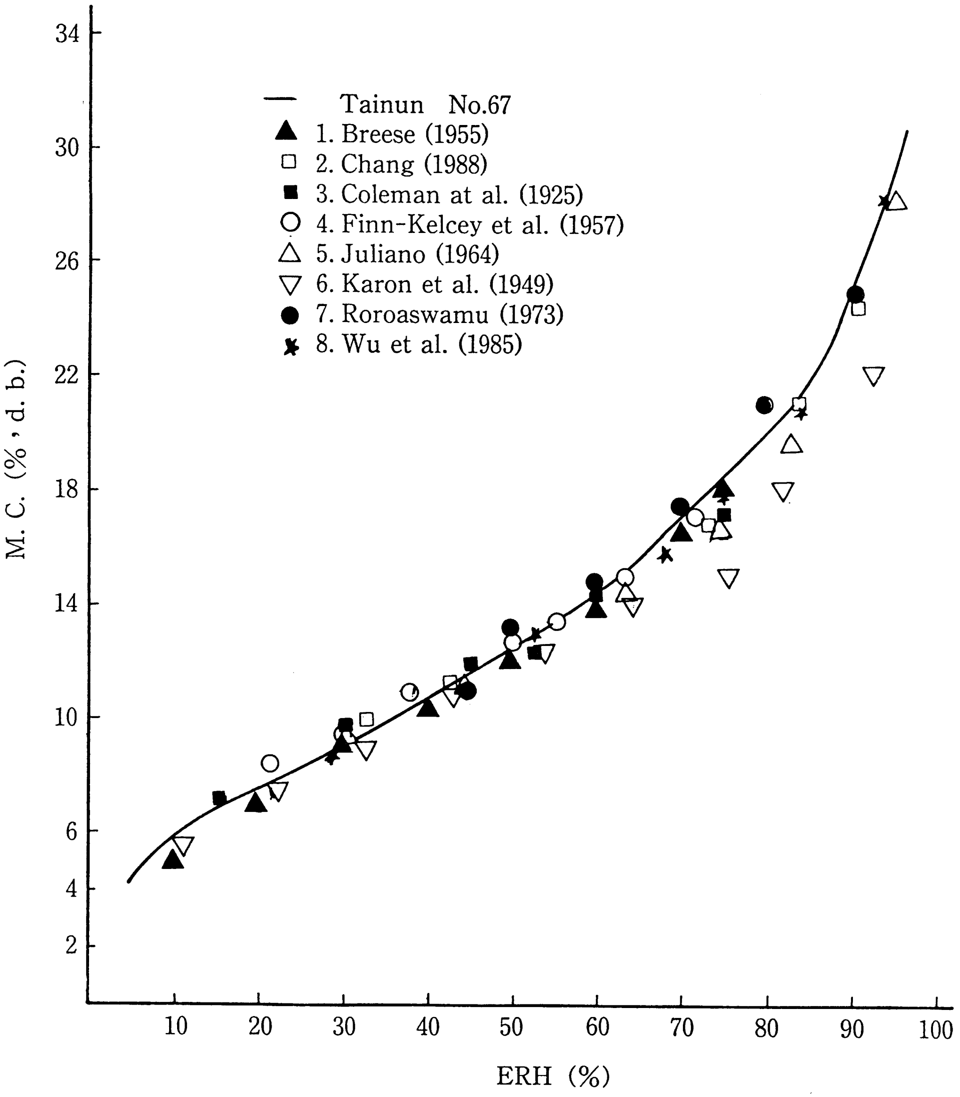
由文獻中顯示具有數種溫度下量測 ERH/EMC 之三組數據之資料爲美國[18]，日本[13]，與澳大利亞[15]。其中澳大利亞之數據包含長粒與短粒兩品種，兩品種之相異性並不顯著。此三組數據之最適模式已完成評估[7]，三組數據於25°C之去濕等濕水份線與臺農67號於兩乾燥溫度（25，50°C）處理後樣本之等溫水份線之比較結果圖示於圖五a。由此比較結果可知，本省主要品種臺農67號之等溫水份線與其他三個國家之研究結果十分相近，四組等溫水份線之含水率分佈差異均在0.8%（d.b.）之內，而以50°C乾燥之稻穀之其等溫水份線與其他四分佈曲線之含水率差異性約2.5～3.0%。由文獻得知，美國與日本稻穀 ERH/EMC 性質測定係利用傳統 EMC 方法，澳洲兩品種測定係利用 ERH 量測法。此由圖五a可知品種與測定方法對稻穀之 ERH 性質並無顯著差異，然而樣本乾燥處理溫度的影響極爲顯著。



圖五a. 數種不同稻穀25°C等溫水份線之比較

Fig 5a. Comparison of desorption isotherms of rough rice with previously published data.

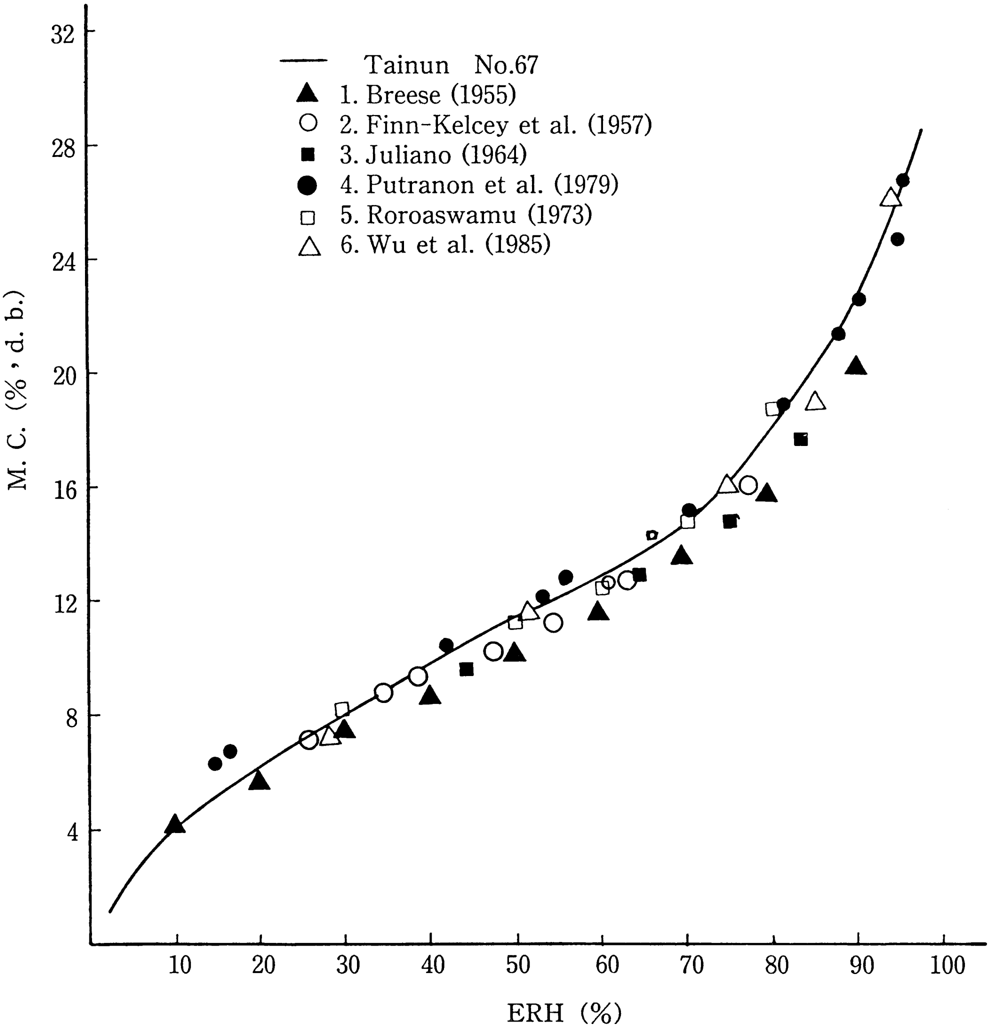
在已知文獻中有許多數據僅爲常溫（25°C）狀態下量測之少數數據，將八篇文獻所得之去濕數據與此研究中所得等溫水份線繪製比較如圖五b所示。圖中數據之分佈都十分近似此研究所得之等溫水份線，僅在 Karon[10]的數據中發現在70% RH 以上之三數據點有較大之偏離現象。



圖五b. 數種不同稻穀25°C去濕數據比較

Fig 5b. Comparison of desorption data of rough rice with previously published data.

將文獻所得6組吸濕數據（25°C）與此研究所得的吸濕等溫水份線比較，其結果描述於圖五c。六組數據的分佈都十分近似臺農67號等溫水份線。



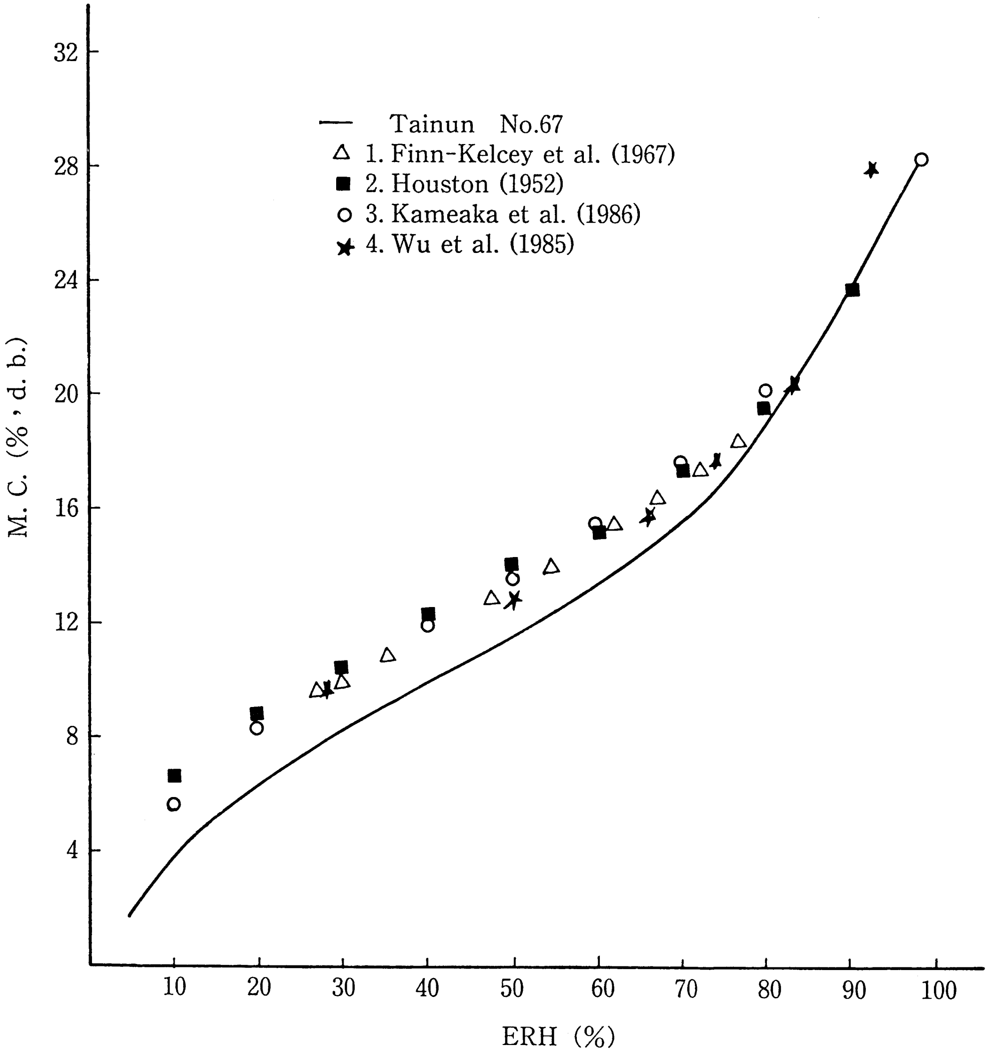
圖五c. 數種不同稻穀25°C吸濕數據比較

Fig 5c. Comparison of adsorption data of rough rice with previously published data.

由上述結果可知，由不同研究者以各種方法對不同品種量測之 ERH/EMC 物性其分佈均十分類似，此結果對於建立汎用的稻穀 ERH/EMC 模式有十分積極的意義。

(二)糙米

自文獻收集所得四組糙米於25°C之去濕數據與此研究中以50°C熱風處理之樣本比較其25°C之等溫水份線，此結果描述如圖六。如同稻穀，四組數據之分佈幾乎無差異性，而以此研究之等溫水份線之差異性在80% RH 以下之範圍則十分顯著，高 RH 範圍（80%以上）則近乎重合，可知不同的研究者，以不同方法，不同品種對糙米之 ERH/EMC 量測性質並無顯著差別，乾燥熱風處理則造成顯著差異。



圖六 數種不同糙米25°C去濕數據比較

Fig 6. Comparison of desorption data of brown rice with previously published data.

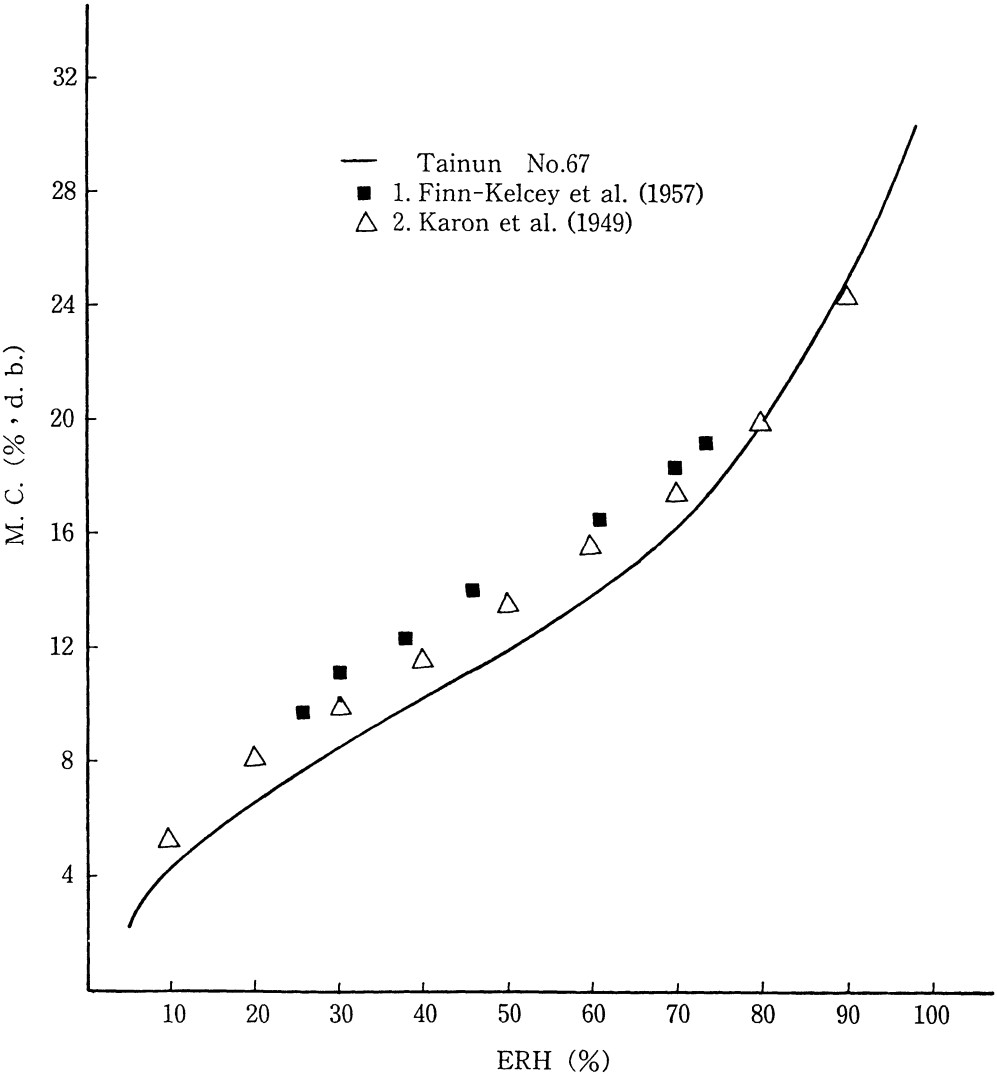
表三之適稱模式與其參數適用於利用乾燥機乾燥加工之穀粒，對以常溫乾燥再加工之糙米，其適用模式可利用 Kameoka 等人(13)之數據，其適用模式與參數值如下(7)：

1. 修正 Henderson 式

$A=3.23\times10^{-5}$，$B=2.2482$，$C=34.267$

㈢白米

有關白米之 EMC 量測數據較少，自文獻所得數據與此次研究所得之等溫水份線比較結果如圖七。如同糙米，在80%RH 以上範圍兩組數據十分接近，在80%以下，乾燥溫度則明顯地減低了白米的持水性。兩組文獻所得數據之差異並不大。因此白米 ERH 物性之主要影響因子，主要以處理乾燥溫度爲主。



圖七 數種不同白米25°C去濕數據比較

Fig 7. Comparison of desorption data of white rice with previously published data.

結　論

綜合以上研究結果所得之結論如下：

1. 稻穀，糙米與白米之平衡相對濕度，平衡含水率與溫度三者數據之關係適稱模式爲修正 Henderson 式，Chung-Pfost 與修正 Oswin 式，各模式之參數値列於本文各表。

2. 稻穀具有遲滯現象，其數値之差異値並不大。在同一相對濕度情況下，去濕與吸濕含水率的差値於1.0%之內。穀物乾燥處理對 ERH/EMC 之物性分佈則有顯著的差異，在執行加工作業時，必須考慮此處理溫度之影響。

3. 本省稻穀品種中臺農秈稻2號其等溫水份線與臺農67號品種之等溫水份線在60% RH 範圍內以下近乎相同，在60% RH 以上，同一相對濕度情況下，兩品種 EMC 値差異在1.0%以內。

4. 由文獻資料之比較結果，測定方式，測定品種和不同測定人員之技術，對於稻穀，糙米，白

米三種穀物產品的 ERH/EMC 關係物性並無顯著之影響，因此證實了建立世界穀物汎用 ERH模式的可行性。

參考文獻

1. 張森富，1988，Henderson 平衡含水率模式之修正及本省主要水稻與玉米之平衡含水率曲線，農業工程學報，34(1)：16—39。
2. 陳加忠，1990，穀物平衡相對濕度性質在農產品儲存上之應用，省農試所技術服務季刊，1(1)：4—7。
3. 陳加忠，賴建洲，曹之祖.1990.稻穀平衡相對濕度性能之研究，中華農業研究，39(4)：247—366。
4. 陳加忠，曹之祖，賴建洲.1991.落花生平衡相對濕度物性之研究，中華農業研究，40(2)：145—160。
5. 陳加忠，吳瑞香.1991.種子平衡相對濕度與溫度對儲藏壽命影響之研究，農業工程學報，37(3)：89—101。
6. Breese, M. H, 1955. Hystersis in the hygroscopoc equilibrium of rough rice at 25°C. Cereal Chemistry, 32(6)：481—487.
7. Chen. C. 1988. A study of equilibrium relative humidity for yellow-dent corn kernels. Ph. D. Thesis. University of Minnesota, St. Paul MN.
8. Coleman, D. A. and H. C. Fellows. 1925. Hygroscopic moisture of cereal grains and flaxseed exposed to atmospheres of different relative humidities. Cereal Chemistry, 12：275—287.
9. Finn-Kelcey, P and D. G. Hulbert. 1957. The relationship between relative humidity and the moisture content of agricultural products-Preliminary Report. Technological Report of British Electrical Research Association, W/T330.
10. Houston, D. F. 1952. Hygroscopic equilibrium of brown rice. Cereal Chemistry, 29(1)：71—75.
11. Juliao, J. O. 1964. Hygroscopic equilibria of rice. Cereal Chemistry 41(3)：191—197.
12. Kameoka, T, D. Jayas, H. Morishima, and S. Sokhansa. 1986. Equilibrium moisture content of rice. In：Food engineering and process applications. Vol：I. Transport Phenomena, pp：201—210, Elsevier Applied Science Publisheres, London.
13. Karon, M. L. and M. E. Adams, 1949. Hygroscopic equilibrium of rice and rice fractions. Cereal Chemistry, 26(1)：1—12.
14. Neuber, E. E. 1980. Critical considerations of moisture sorption isotherms for cereals. ASAE paper 80—3015. ASAE. St. Joseph, MI.
15. Putranon, R., R. E. Bowrey, and J. Eccleston, 1979, Sorption isotherms for two cultivars of paddy rice grown in Australia. Food technology in Australia, Dec：510—515.
16. Roroaswamu, J, R. 1973. Observations on the sorption of water vapour by rice and sorghum. J. of Food Science and Technology, India, 10(2)：59—61.
17. Wu, J, T. Kimura and H. Shimizu. 1985, Equilibrium moisture content in rough rice under a low-temperature and high humidity condition, J. of the Society of Agricultural Structural Structures, Japan, 17(1)：73—79.
18. Zuritz, C., R. P. Sign, S. M. Moin and S. M. Henderson, 1979. Desorption isotherms of rough rice from 10 to 40°C, Trans of ASAE, 22(2)：433—440.

Studies of Effect Factors on Equilibrium Relative Humidity of Rice Products[1]

C. C. Chen and C. T. Tsao[2]

SUMMARY

The equilibrium relative humidity of rough rice, brown rice and white rice were measured at temperatures ranging from 5 to 50°C. The adequate ERH model and its estimated parameters were showed in this study. Hysteresis effect could be found for the ERH properties of rough rice, however, the differences of moisture content between desorption and adsorption were within 1.0%. The treatment temperatures of the sample had the significant effect. Comparing the results of this research with the previously published data, the effect of the determinating method, techniques and grain varieties did not affected the ERH properties. It is availables to estiablish the universal ERH model of rough rice and its products.

Key words : Rough rice, Brown rice, White rice, Equilibrium relative humidity

---

1. Contribution No. 1622 from Taiwan Agricultural Rsearch Institute,
2. Associate Researcher, Junior Speciallist, TARI, Taichung, Taiwan.

中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）41(2)：216～224（1992）

農用日照計之性能試驗與評估[1]

陳　加　忠[2]

摘要：此研究之目的在於開發測試適用本省農業環境之日照計，並比較其各項性能。實驗結果顯示利用光二極體爲感測元件的日照計其性能可合乎世界氣象組織之一級標準。利用 Cds 原理開發之感測器其誤差値偏高，其性能受到使用時期老化之影響。利用國產照度計改良而成之日照計其量測準確度約爲20W/㎡，持久性能十分穩定且成本低廉，此設備可適用於本省設施日照能量量測與控制作業。

關鍵詞：日照計，校正曲線，性能評估

感測系統包含感測元件，信號處理與校正調整，此爲自動控制之必需設備。由於農業環境多爲高溫高濕或強酸強鹼，使用時多受塵土影響，因此工業界所用之感測系統通常不能完全適用於農業。而使用成本之限制，更使昂貴精密的設備無法爲農業業者接受。爲促進農業自動化之落實應用與本土化技術之開發，農用感測器實有自行開發試驗之必要。國內此方面之研究開發方始於起步階段，目前已發表之報告僅有濕度計感測計術與穀物水份計性能評估。[1,2]

本省由於地處熱帶與亞熱帶，終年陽光充沛，因此對設施栽培作業往往造成多餘之熱累積問題，適當的遮蔭作業成爲設施工程設計的重點。

國內溫室業者對於內、外遮蔭網的施設技術已十分純熟，且已利用馬達動力進行機械化作業，但因缺乏適用日照能量感測設備，使遮蔭作業無法達到自動化之要求，研究單位所使用之日照計其單位售價均在數萬元以上，此成本無法爲栽培業者所負擔。

此研究之目的在於開發和試驗適用之日照計，對於性能進行測試比較，以期能得到適用於本省環境之日照能量測設備。

日照能量感測原理

日照能量常用的感測元件與其作用原理介紹如下：

一、光電池（光二極體，Photodiode Photovoltaic Cell）

此種元件主要構造是 n 極塗料的單晶矽基板（N-doped monocrystalline），其表面有一薄層P基極材料，因此產生一p-n 極基板。在光線照射時，由於光電效應引起電子流動而產生一電場，對接點（Terminais）形成一電壓場，而以電流形式輸出。利用此微弱電流訊號（μA）的處理可以用以感測日射能量，由於此種元件檢出範圍受到反應光譜波長之限制（0.4－1.1μm），並不適用人工光源、植株葉冠間或反射光源的量測。但可適用於地表太陽能量的量測。

二、熱電對列元件（Thermopile）

---

1. 臺灣省業試驗所　研究報告第 1623 號。
2. 臺灣省農業試驗所農工系副研究員　臺灣省　臺中縣。

此量測元件主要利用特製之熱電偶（antimony/bismuth），以串聯方式置於陶塑薄膜材料之下。感測部份為黑色以增加能量吸收率，冷接部份則位於內部或白色材料之下。元件接受陽光照射時，因能量吸收引起的溫度差對接點產生一定比例的微弱電壓（μV）。由電壓訊號之處理可用以量測日照能量。此型吸收表面上安置半球形（dome）之覆蓋玻璃，其透過波長為0.285μm至2.8μm，因此可用以量測反射太陽能和葉冠間日照能。

三、光導電電池

此種光導電材料通常為硫化鎘（Cds）或硒化鎘（CdSe），其表面受光照射時產生光導電效應，其特徵為電阻與入射光線成曲線變化。

商品化之日照計以光二極體型與熱電對列元件為主，前者之售價較後者便宜。世界氣象學會（WMO）[10] 將日照計區分為三級：二次標準（Secondary Standards），第一級（First class）與第二級（Second class）。利用光二極體所開發之日照計（Pyranometers）因受波長應用之限制，其等級原在 Second class 之下。近年來，因感測元件的改良，一些特定之此型感測元件其準確性已達到第一級標準。

WMO 對日照量測準確性之定義如下：對二次標準級之單位小時最大誤差為 3 %，每日最大誤差為 2 %，對第一級而言，各為 8 %與 5 %。在所有商品化之日照計，僅有兩型合乎其 Secondary Standards 性能要求：(1) the Eppley Model PSP 型。(2) the kipp and Zonen Model CM11 型[10]。

典型的商用日照計校正方式如下[6]：如 LI-200SB型日照計（Pyranometey）以 Eppley Precision Spectrat Pyranometer（PSP）為校正標準，以太陽光為自然光源，每10分鐘記錄一次，共執行3～4天，再以兩種日照計之讀出值進行技正比較。

對感測元件性能之影響來自各類誤差，因此對誤差之來源需要加以探討，日照計之誤差來源依 Biggs 氏[4]分類如下：

1. 絕對校正誤差（Absolute Calibration Error）
   此為利用標準校正裝置進行感測器性能校正時，校正裝置自身產生之誤差。
2. 光譜反應誤差（Spectral Response Error）
   此誤差來自感測器無法感測入射光源所有波長之能量，僅能反應部份光譜波長之能量而導至之誤差值。
3. 位置誤差（Spatial Error）
   因感測器放置角度影響光源入射引起之量測誤差。
4. 線性誤差（Linearity Error）
   輸出訊號與入射能量間偏離線性關係引起之誤差量。
5. 反應時間誤差（Response Time Error）
   在感測期間因短暫時期之急速變化（如雲層突然遮掩）引起之誤差，此誤差通常以連續量測點之平均值加以克服。
6. 持久性誤差：（Long-term Stability Error）
   此因儀器老化現象所引起，可以以定期再校正加以消除。

材料與方法

一、日照計：

此研究所利用之日照計共有四種廠牌，分別描述如下：

(一)Eppley Radiometer型（Model 8—48）

在此研究中利用兩具此型日照計以做爲測定比較之標準值。輸出訊號之校正值由原廠提供（例如1mV＝91.8w/m²）

(二)LI-COR200SB型

其感測原理係利用光二極體型元件，材料爲矽光電池，準確度爲±3%，其輸出比例值已調整爲1mV＝1,000w/m²。

(三)Cds型

此型日照計爲自製設備，共有兩具，其輸出端連接一固定電流，用以相應電阻之變化而量測輸出電壓，輸出範圍可調整爲0—1V或0—5V。

(四)INS型

此爲國內三淵公司開發完成之照度計（註），在此研究中，由該公司協助製作訊號輸出轉換器，提供0—2V之輸出訊號。其感測器之感測元件爲矽光質二極體，置於陶塑材料製成之半球形圓頂白色聚光片，用以消除入射角度誤差並可保護外在環境干擾。

1. DX—100型

此型感測器原用以量測照度，因此其輸出係以液晶顯示窗直接顯示照度值（lux），動力來源爲9V電池，量測範圍爲0～200，000 lux，以三段方式呈現；在此研究中，以三具此型感測器比較性能，並由原廠商增裝感測訊號電壓輸出裝置。

2. DX—200型

此型感測器在液晶顯示窗增加 lux-Fc 單位轉換裝置，並增加裝置電壓（0～2V）訊號輸出裝置，其動力來源爲9V電池。

3. INS-TARI型

爲針對農業感測與控制之需要，此研究委託三淵公司就其原照度量測計修改爲日照能量量測專用之感測器，除保留其原矽質二極體感測元件，其主要之修改如下：

(1)捨棄其原先液晶顯示窗組件，以減低製造成本，並可避免因此組件因暴露於大氣環境下損害而影響量測性能。

(2)以變壓器提供直流電以提供直流電以提供電源，減少電池更換之問題。

(3)以轉換器處理感測訊號，直接以電壓訊號輸出，其電壓訊號介於0—2V之間，以便利與其他介面裝置之連結利用。

經改良後之日照計僅有感測元件與轉換器兩個組件，體積減少，便以裝置於農業設施。

（註）：此研究報告所述及之廠商名稱僅說明此研究使用設備來源，並無忽略其他廠商之意。

二、性能測定方法：

在日照性能比較中，將測定之感測器放置於同一水平面，各種感測器外型如圖1所示。

由於 Eppley Rediometer 與 LI-COR 型日照計其輸出訊號十分微弱，先以100倍之電壓放大訊號後再由記錄器加以記錄。五型日照計所用之記錄器爲 Ling-Shyh 型（Model LS-EIR-48）。

試驗之光源爲自然陽光，每次連續測試3至4天，每10分鐘一次記錄。

圖1 各型日照計之感測元件

Fig. 1 The diagram of the sensing elements for Pyranometers.

A： Eppley Radimeter, B：LI-COR 型，C：CdS 型，D：INS 型.

三、性能測定技術：

感測器之性能主要有四項：準確性、精確性、遲滯性與持久性[1]，因此研究所用之自然光源非固定值，不易在同一標準狀態下重覆量測數據，因此精密性性能不在此研究中實施。其他三項性能的應用統計技術如下：

(一)準確性：

利用標準值（y）與量測值（x）之關係，繪出校正曲線以建立校正方程式，通常之校正曲線有六型[2]，此研究中以 $Y=kx$ 與 $Y=C_1+C_2 \cdot X$ 之公式進行比較，並以標準差（s）爲性能比較標準[1]。

(二)遲滯性：

爲比較感測器之感測訊號是否有遲滯性存在，利用具有分類變數（Indicator Variables）之迴歸技術[8,9]，將校正公式定義爲：

$$y=b0+b1 \cdot I+f(x) \quad \cdots\cdots(1)$$

量測訊號 X 值由低而高時，I=1，X值由高而低時，I=2。利用迴歸技術可檢定 bi 值否顯著地與零值有差異存在。若 bi 值無存在意義即代表遲滯影響性不大。

(三)持久性：

在建立適用的迴歸模式 f(x)後，各不同測試期間之 N 組數據可加以分析其是否具有顯著差異，其統計技術如同電子相對濕度計持久性比較[2]。此技術也應用於同型式日照計之性能比較。

結果與討論

四型日照計之性能試驗自1991年5月至1991年1月執行，共計8個月共有10組數據（D_1～D_{10}），各組數據量測間隔自2週至1個月，其測定結果討論如下：

一、準確性

(1)LI-COR200SB 型

以典型之 D_5 數據說明此性能，其量測數值（x_1）與標準數值Y（Eppley Radimeter）之分佈爲良好之線性分佈，其校正公式如下：N爲數據數目，S表示標準差。

$Y_1=12.06+0.955\cdot X_1$，$S=12.8$，$R^2=0.997$ ……(2)

$Y_2=0.975\cdot X_1$，$S=13.2$ ……(3)

$\Sigma|Y-X_1|/N=22.5$ ……(4)

$\sqrt{\frac{(Y-X_1)^2}{N}}=25.5$ ……(5)

由此可知，以 LI-COR 200SB 感測器直接讀出值與標準值直接比較，其誤差約22W/m²，在日照量600～700W/m²時，其誤差約3%，此與其規格符合。若對輸出訊號進行輸出訊號微調，將輸出訊號以0.975倍率調整，則其準確度爲13.2W/m²（公式(3)），誤差約2%。利用線性公式加以調整輸出訊號對準確性改良不大。

(2)INS照度計

此型照度計之輸出訊號爲電壓值（X_2），與標準值Y亦有良好的線性關係，其典型數據分佈，如圖2a所示。

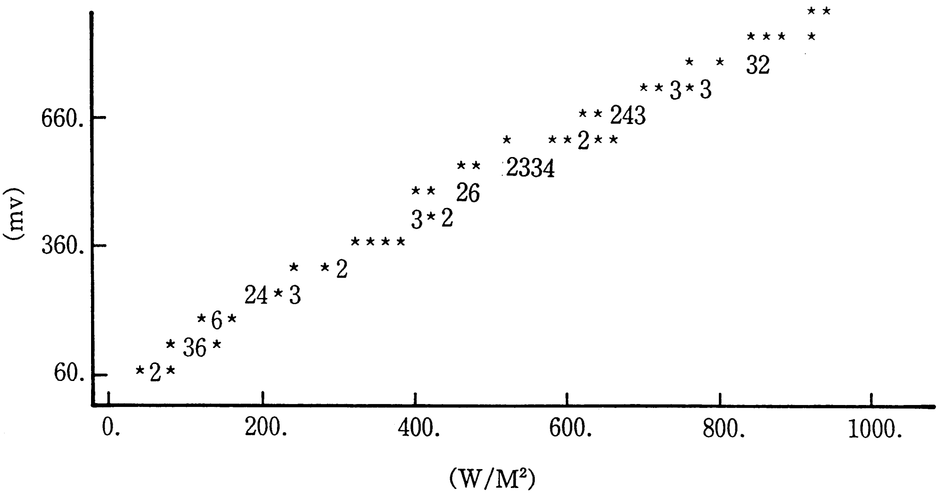


圖2a INS-100型日照計讀出值與標準值之關係

Fig. 2a. Reading values vs. standard values for INS-100 meter (Numbers in the figure indicate the replications)

INS—100典型之校正曲線以 D_6 組數據表示如下：

$Y=4.9+0.9444\ X_2$，$S=12.5$，$R^2=0.996$ ……(6)

或$Y=0.934\ X_3$，$S=13.6$ ……(7)

由此可知此種INS-100日照計輸出之電壓訊號（mv）以0.934倍調整計算爲日照能量（W/m²）後，準確性約14W/m²，利用線性公式調整對準性影響不大。

在 D_1 至 D_{10} 數據中，Dx-100輸出訊號經 Y=k.x方式調整之準確度約爲10～18W/m²。

(3)INS-200型

典型之校正關係以 D_8 組數據加以說明，X_3 爲讀出值（mv）

$Y=16.4+0.881X_3$，$S=16.1$ ……(8)

$Y=0.902X_3$，$S=17.5$ ……(9)

可知此型日照計利用倍率調整亦可達到良好的量測性能，各組之數據顯示其準確性於14W/m²至22W/m²之間，與INS-100型相似。

(4)INS-TARI型

典型的讀出電壓值（mv）與標準值（W/m²）之數據分佈如圖2b。

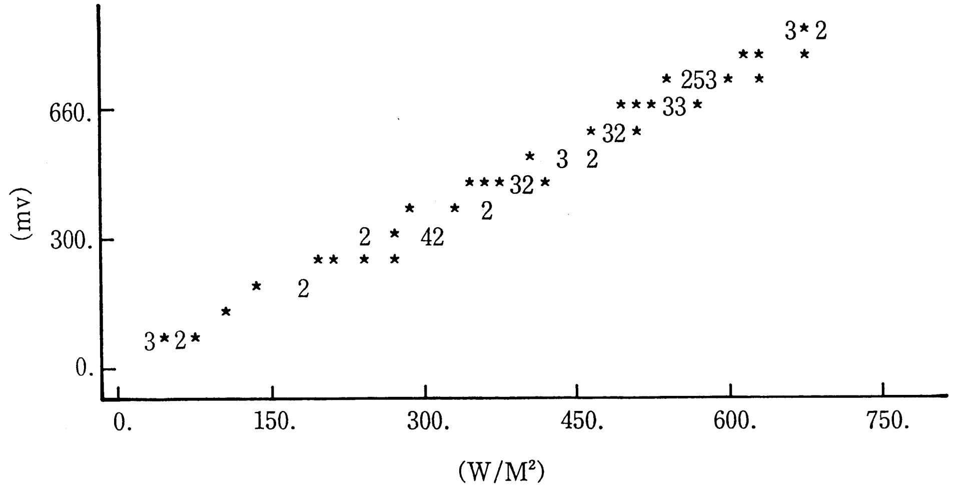


圖2b INS-TARI 型日照計讀出值與標準值之關係

Fig. 2b. Reading values vs. standard values for INS-TARI meter

以 D_{10} 組數據中兩具感測器說明其輸出電壓與日照能量之關係

a.No.1型

$Y_1=23.35+0.945X41$，$S=16.6$ ……(10)

$Y_1=0.991X_{41}$，$S=19.0$ ……(11)

b.No.2型

$Y_2=14.43+0.863X_{42}$，$S=16.5$ ……(12)

$Y1=0.889X_{42}$，$S=17.5$ ……(13)

校正結果其準確性均於15～22W/m²之間。

(5)CdS 感測器

典型 CdS 之輸出電壓與照能量成曲線關係（圖3）。以 D_7 組之數據爲例，其最佳校正模式爲對數關係數，S=35W/m²。

$\ln Y=21.133-2.168\ln X_5$ ……(14)

在十組數據中，其準確性範圍爲30～50W/m²。

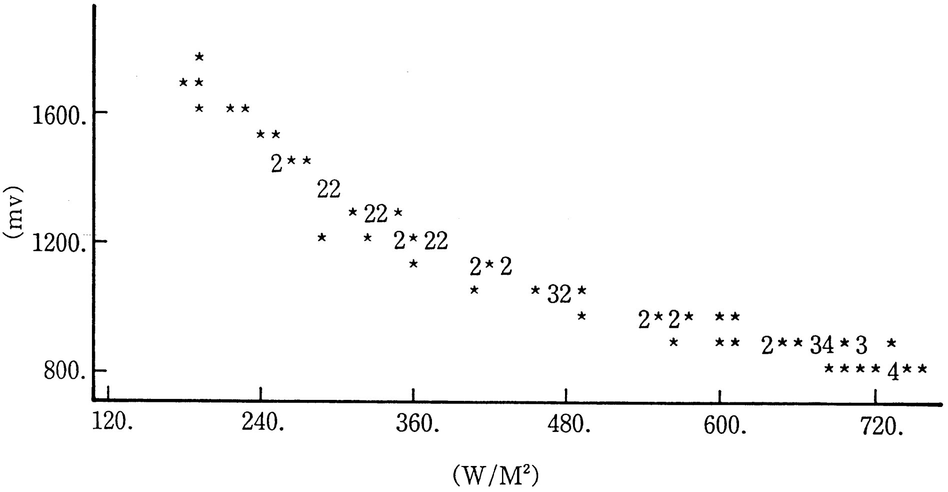


圖3 CdS 型日照計讀出值與標準值之關係
Fig. 3. Reading values vs. standard values for CdS type meter

二、遲滯性

以迴歸分析進行核定結果，各型日照計之準確性受到遲滯性之影響並不顯著。

三、耐久性

在8個月的持久性測定中，LI-COR200SB 型與三種 INS 日照計其各組數據之校正曲線並無顯著的差異，顯示此類感測合乎半年以上持久能力之要求。Cds 型測定器其校正曲線受使用時間有漂移（Shift）現象，漂移誤差值約50～80W/m²。

四、相同型式感測計之個型差異性：

對相同廠牌之日照計而言，其性能曲線之關係說明如下：

1. Eppley Radimeter

兩具 Eppley 型之日照性性能關係式如下：

$Y_1=19.3+0.9213\cdot Y_2$，$R^2=0.999$，$S=6.55$ ……(15)

雖然兩者有高度之相關性，但其相關直線斜率不等於1.0，常數項更大於0，因此每一日照計必須有其特定之校正係數。

2. INS lux meter

對三具 INS-Dx100與另三具 INS-Dx200之日照計其性能曲線相互比較，其相關性以 R^2 值計算時均高於0.996，但其校正曲線均相互偏離 $Yi=1\cdot Xi+0$之型式，顯示每具日照計都必需有其特定之校正曲線。

以5具改良之 INS-TARI 型之性能校正關係式表示類特性：

a. $Is=0.889\ Xa$，$S=17.0$ ……(16)

b. $Is=0.991\ Xb$，$S=19.2$ ……(17)

c. $Is=0.901\ Xc$，$S=20.0$ ……(18)

d. $Is=1.023\ Xd$，$S=20.6$ ……(19)

e. $Is=0.980\ Xe$，$S=19.0$ ……(20)

Is 爲 Eppley Redimeter 之量測值， Xi 爲各INS-TARI 型日照計之量測值，由5組之數據比數，顯示此型感測器必須有其特定之校正係數。

3. Cds 感測器

同型式之 CdS 感測器其性能曲線有更大的差異，以兩具 CdS meter 之校正曲線公式說明如下：

a. $\ln IS = 20.4 - 2.05\ln \cdot Xc_1$ ……(21)

b. $\ln IS = 21.68 - 2.222\ln \cdot Xc_2$ ……(22)

在相同之 Is 條件下，兩具 CdS 感測器之反應值差異爲40～60％，可知同一原理之感測元件，其反應特性具有極大之差異。

五、農業日照能量測評估

在設施生產作業中日照能量之量測目的主要用以爲環境調整之依據，用以提供作物生長良好的光源。適當的日照感測器配合其輸出電壓訊號，在遮蔭作業時連結控制器即可指揮遮蔭裝置，達到作業需求。由於農作物對光照之需求量往往非絕對值，而有一定量的適用範圍，若誤差值小於5,000lux，在作物成長上可以接受[3]。

此研究中 LI-COR SB200 型日照計，其直接量測誤差約爲20W/m²，因1W/m²值相當爲108lux，其準確性爲±2,200lux，已符合作物成長日照控制用之感測要求。輸出訊號經比例調整後可改良爲1,500lux左右。但此型感測器售價均在新台幣數萬元左右，其購置成本偏高。

CdS 感測器其準確度較差（30～50w/m²），且隨使用時間產生顯著之性能漂移現象，使用時其校正作業間隔必需縮短（約兩個月一次），因此並不適用於日照能量之測定工作。

INS 型感測器其感測元件爲二極體，輸出電壓訊號與標準值以校正參數轉換時，其準確性約爲20W/m²，此與 LI-COR SB200型之性能十分相似，亦可合乎 WMO 第一級的性能標準，然而其售價僅需千元台幣，約爲 LI-COR SB200型售價的十分之一。對 INS-TARI 型日照計而言，其結構更爲簡單，可直接連接控制器或 PC 電腦介面，在持久性能亦爲穩定，因此十分適用於國內設施生產作業日照量之量測和控制。

結　論

綜合上述研究，所得結論如下：

1. 經由適當的校正，利用光二極體爲感測元件之日照計均可合乎世界氣象組織第一級之標準。
2. 利用 CdS 元件開發之日照感測器其反應曲線爲典型之對數曲線，其誤差範圍均爲30～50W/m²，而其性能受到使用時間之顯著影響。
3. 利用國產之照度計改良而成之日照能量量測設備，INS 型日照計，其準確性約爲20W/m²，其持久性十分穩定，而成本十分低廉，因此可適用於本省設施工程日照能量量測與控制作業。

參考文獻

1. 陳加忠，曹之祖，賴建洲，1990，電子相對濕度計之性能評估，農業工程學報　36(4)：79-96。
2. 陳加忠，曹之祖，陳麗娥，1991，稻穀水份計性能之測定與應用限制，中華農業研究　41(4)：445—458。
3. Aldrich, R. A., R. J. Downs, D. T. krizer and L. E. Campbell. 1982. The effect of environment on plant growth. In "Ventilation of agricultural structures", ed. Hellickson, M. L. and J. L. and J. N. Walker, P. 217-254. ASAE.
4. Biggs, Willion. W. 1989. Radiation Measurement Instruments, LI-COR INC, Lincoln, NE, USA.
5. HAENNI, 1988, Measuring Instruments Climate and Solar, HAENNI & CIE. AG. Switzerland.

6. Hanan, J. J. 1984. Plant Environmental Measurement, Bookmakers Guild, Longmont, Colorado.
7. LI-COR, 1986, LI-COR Radiation sensors instruction manual, LI-COR Inc, Lincoln, NE, USA
8. Myers, R. H. 1986. Classical and Modern Regression with Application, PWS and Kent Publ. CO. MA. USA.
9. Weisberg, S. 1984. Applied Linear Regression. Willey & Sons Pub.
10. WMO, 1983, Guide to meteorological instruments and methods of observation. World Meteorological Organization NO.8, 5th edition, Geneva, Switzerland.

Testing and Evaluating of the Performance of Agricultural Pyranometer[1]

C. C. Chen[2]

Summary

The objectives of this research were to develop and test the performance of serveral pyranometers used in agricultural environment. The experimental results indicated that the accuracy of the Silicon Photovotatic cell pyranometers could compare well with the WMO standards for the first class instruments. The Cds-type solar meter has the higher error and serious aging problem. The accuracy of the INS-series meters that developed from the domestic LUX meter was nearly 20w/m². The long-term stability was very well and the cost was inexpensive. It could serve as adequate pyranomenter to measure the solar energy and control the shading device for the protected culture in Taiwan.

Key words : Pyranometer, Calibration curve, Performance of evaluation

1. Contribution No. 1623 from Taiwan Agricultural Researech Institute.
2. Associate researcher, TARI, Taichung, Taiwan.

中 華 農 業 研 究

第四十一卷　　第 二 期

中華民國八十一年六月出版

發 行 人：杜 金 池

總 編 輯：廖 慶 樑

編審委員：

農藝組：盧 煌 勝（主審）
呂 秀 英　陳 一 心　劉 大 江　劉 新 裕
蔡 新 聲

園藝組：蕭 吉 雄（主審）
沈 再 發　林 昭 雄　施 昭 彰　徐 信 次
曹 幸 之　陳 敏 祥　劉 政 道

農化組：連　 深（主審）
張 淑 賢　劉 慧 瑛

植病組：彭 金 騰（主審）
林 正 忠　程 永 雄　蔡 財 旺　蔡 武 雄

昆蟲組：羅 幹 成（主審）
何 琦 琛　鄭　 允　鄭 清 煥

農機組：梁 連 勝（主審）
陳 加 忠　顏 欽 崇

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員。

Vol. 41, No. 2 June 1992

JOURNAL OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER : Director, C. C. Tu

EDITOR IN CHIEF : C. L. Liaw

EDITORIAL BOARD :

S. Lian (Agri. Chemistry) L. S. Liang (Agri. Machinery)

K. C. Lo (Applied Zoology) H. S. Lu (Agronomy)

J. T. Peng (Plant Pathology) C. H. Shaw (Horticulture)

EDITORIAL ADVISORY BOARD :

S. S. Chang M. S. Chen Y. S. Chen C. H. CHeng

Y. Cheng Y. H. Cheng C. C. Her J. J. Lin

J. S. Lin D. J. Liu H. I. Liu J. D. Liu

S. Y. Liu H. Y. Lu T. F. Shen J. J. Shy

S. T. Shyu W. H. Tsai S. J. Tsao H. S. Tsay

T. W. Tsay C. C. Yen

Reviewers of Related Fields are Invited from Universities, other Research Organizations, and the Evaluation Committee of Agricultural Researches, Taiwan Provincial Department of Agriculture and Forestry.

統一編號
030853810012

行政院新聞局出版事業登記證局版臺誌字一四八七號
中華郵政中臺字第〇三〇九號登記爲雜誌交寄

Vol. 41, No. 2 June. 1992

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

CONTENTS

Variation in Fertility Rate, Plant Height, and Selection Rate for Progenies of Indica-Japonica Rice Hybrids in Relation to Generations of Backcross ……T. H. Tseng, C. C. Chen and C. G. Chern…115

Growth and Reproduction of Maize (*Zea mays* L. cv. Tainung No. 1) Response to Soil Water Deficits I. Changes of Growth When Stress and Recovery Occurring at the Vegetative Stage in the Controlled Environment ……C. M. Yang and W. M. Hsiang…132

The Development and Adaptability of Dioscorea alata L. cv. Tainung No. 1 ……S. Y. Liu, J. Y. Wang, Y. T. Shyu and C. H. Duan…140

Studies on the Tuber Storage of Three Yam (*Dioscorea alata* L.) Genotypes ……J. Y. Wang and S. Y. Liu…159

Mass Propagation of Oriental Lily "Casa Blanca" by Shoot Tip Culture ……H. S. Gi and C. C. Yeh…169

The physiological influence of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid and Ethrel on phalaenopsis plantlets in vitro ……R. S. Lin…178

Studies on Urea Transformation in Soils Under Upland Condition ……S. Lian and C. L. Chen…187

Studies of Effect Factors on Equilibrium Relative Humidity of Rice Products ……C. C. Chen and C. T. Tsao…201

Testing and Evaluating of the Performance of Agricultural Pyranometer ……C. C. Chen…216

Published by

THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE

Taichung, Taiwan, Republic of China